

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE ECONOMÍA AGRÍCOLA Y AGRONEGOCIOS

**Trabajo final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Economía
Agrícola y Agronegocios con énfasis en Agroambiente bajo la modalidad de tesis**

**ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN GANADERA EN COSTA RICA PARA LA
OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS MEDIANTE UN ENFOQUE BIOECONÓMICO**

Estudiante:

José Ignacio Sánchez Gómez

B16087

San José, Costa Rica,

2020

Trabajo final de graduación presentado el día 04 de agosto del 2020 a las 4:00 pm, a través de presentación virtual, vía Zoom, Reunión: 970 6286 6772 / Contraseña: 904827, para optar por el grado académico de Licenciatura en Economía Agrícola y Agonegocios con énfasis en Agroambiente, ante el siguiente tribunal examinador.

MGA. Enrique Montenegro Hidalgo
Director de la Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios

Dra. Mercedes Montero Vega
Directora del proyecto final de graduación

Dr. Olman José Quirós Madrigal
Lector

M.Sc. Víctor Antonio Rodríguez Lizano
Lector

Dr. Luis Vinicio Losilla Solano
Lector

Bach. José Ignacio Sánchez Gómez
Postulante

DEDICATORIA

A mi familia; mi padre Manuel, mi madre Violeta y mi hermano Esteban, ustedes que directa e indirectamente fueron parte incondicional de esto, aun en la incertidumbre que nos trajo la pandemia.

A Helena, que la universidad nos hizo compañeros, pero la vida y el tiempo nos convirtieron en cómplices

AGRADECIMIENTO

“Si realmente crees que el medio ambiente es menos importante que la economía, intenta aguantar la respiración mientras cuentas tu dinero”

Guy R. McPherson.

Este documento no es más que una prueba de que el esfuerzo y la perseverancia aún en tiempos inciertos, dan como resultado el sueño de toda una vida. Por eso y muchas otras cosas, siempre existirá un inmenso agradecimiento a la Dra. Mercedes Montero V, quien no solo fue la directora de la investigación en medio de una pandemia, sino una colega que me enseñó el valor de la longanimidad.

A mí equipo de lectores, colegas y la Corporación de Fomento Ganadero, que sin el apoyo, la retroalimentación y la información que me brindaron, no hubiese podido lograr a estos resultados.

TABLA DE CONTENIDO

I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	2
III. JUSTIFICACIÓN	6
IV. OBJETIVOS.....	8
4.1 Objetivo General	8
4.2 Objetivos específicos.....	8
V. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	9
VI. MARCO DE ANTECEDENTES	10
VII. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	21
VIII. METODOLOGÍA	24
8.1 Marco referencial del concepto de la bioeconomía	24
8.2 Políticas nacionales	27
8.3 NAMA Ganadería	28
8.4 Análisis de componentes principales y teoría de datos de panel.....	30
IX. CAPITULO 1. ENTORNO DE LA BIOECONOMÍA	34
9.1 Enfoque académico de la bioeconomía	34
9.2 Análisis de estrategias y conceptos de bioeconomía	41
9.2.1 Análisis bioeconómico Austriaco	43
9.2.2 Análisis bioeconómico Belga.....	44
9.2.3 Análisis bioeconómico Francés	45
9.2.4 Análisis bioeconómico Alemán.....	46
9.2.5 Análisis bioeconómico Irlandés	47
9.2.6 Análisis bioeconómico Italiano	49
9.2.7 Análisis bioeconómico Español	50
9.2.8 Análisis bioeconómico Finlandés	51

9.2.9 Análisis bioeconómico Noruego	52
9.2.10 Análisis bioeconómico Sueco	53
9.2.11 Análisis bioeconómico Sudafricano	54
9.2.12 Análisis bioeconómico Estadounidense	55
9.2.13 Análisis bioeconómico Malayo	56
9.3 Análisis general de las estrategias país de bioeconomía.....	58
9.4 Análisis de legislación costarricense vinculante hacia modelos bioeconómicos	60
9.4.1 Desarrollo biotecnológico	60
9.4.2 Conservación de biodiversidad y ecosistemas	63
9.4.3 Biomasa – Bioenergía	65
9.4.4 Sector ganadero	66
9.4.5 Sector turismo	68
9.4.6 Incentivos económicos – eje transversal	69
X. CAPITULO 2. INDICADORES PARA GANADERÍA SOSTENIBLE	70
10.1 El concepto de los Indicadores.....	70
10.2 Indicadores de medición bioeconómica.....	72
10.3 Ganadería Sostenible, el caso de los Estados Unidos	73
10.4 Indicadores de NAMA ganadería, Costa Rica	77
10.4.1 Indicadores de productividad	78
10.4.2 Indicadores de rentabilidad de la actividad ganadera y/o lechera.....	80
10.4.3 Indicadores de resiliencia a los efectos del cambio climático	81
10.4.4 Indicador de la eficiencia productiva – ambiental	82
10.5 Datos de PPNG para el modelo.....	83
10.6 Creación de componentes principales como insumos para modelación	87
10.7 Elaboración de indicadores a partir de componentes principales	103
10.7.1 Cálculo de indicadores para salarios	103
10.7.2 Cálculo de indicadores para terreno.....	103

10.7.3 Cálculo de indicadores para maquinaria y equipo	105
10.7.4 Cálculo de indicadores para infraestructura	107
10.7.5 Cálculo de indicadores para categoría de variables financieras	108
10.7.6 Cálculo de indicadores para categoría de combustibles.....	109
10.7.7 Cálculo de indicadores para categoría de servicios fijos.....	110
10.7.8 Cálculo de indicadores para categoría de impuestos y cargas.....	111
10.7.9 Cálculo de indicadores para categoría de animales	112
10.7.10 Cálculo de indicadores para categoría de alimentación	113
10.7.11 Cálculo de indicadores para categoría de sanidad	114
10.7.12 Cálculo de indicadores para categoría de servicios variables.....	115
10.7.13 Cálculo de indicadores para categoría de trazabilidad.....	116
10.7.14 Cálculo de indicadores para categoría de reproducción.....	117
XI. CAPITULO 3 MODELO DE ESTIMACIÓN DE PRODUCTIVIDAD	119
11.1 Análisis descriptivo de la muestra	119
11.2 Construcción del modelo	137
11.2.1 Construcción de la variable dependiente.....	137
11.2.2 Determinación del método de estimación para el modelo	137
11.2.3 Estimación del modelo definitivo.....	139
XI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	147
XIII BIBLIOGRAFIA.....	151
XIV ANEXOS	167

TABLA DE CUADROS

Cuadro 1.Distribución de costos mensuales promedio de las fincas del PPNG en Costa Rica según región geográfica	4
Cuadro 2.Exportaciones de cobertura agropecuaria de Costa Rica según sector en millones de dólares (2017-2018)	11
Cuadro 3. Relación entre indicadores del marco de sostenibilidad y las categorías de impacto de ACV	15
Cuadro 4. Sistematización de variables para la definición de eficiencia y productividad	20
Cuadro 5. Estrategias Nacionales de Bioeconomía según país – acercamiento Holístico	42
Cuadro 6. Legislación costarricense relacionada al desarrollo biotecnológico	61
Cuadro 7. Legislación costarricense relacionada a la conservación y protección ambiental	63
Cuadro 8.Legislación costarricense relacionada al desarrollo de la biomasa y bioenergía	65
Cuadro 9. Legislación costarricense relacionada al desarrollo ganadero	67
Cuadro 10. Legislación costarricense relacionada al desarrollo turístico	68
Cuadro 11. Legislación costarricense relacionada a los incentivos económicos	69
Cuadro 12. Indicadores para la cadena ganadera estadounidense	73
Cuadro 13. Indicadores de salud y bienestar animal para sostenibilidad en la cadena ganadera estadounidense.....	74
Cuadro 14. Indicadores de eficiencia y productividad para sostenibilidad en la cadena ganadera estadounidense.....	74
Cuadro 15. Indicadores de recursos hídricos para sostenibilidad en la cadena ganadera estadounidense.....	75
Cuadro 16. Indicadores de tierra para sostenibilidad en la cadena ganadera estadounidense	75
Cuadro 17. Indicadores de aire y emisiones para sostenibilidad en la cadena ganadera estadounidense.....	76
Cuadro 18. Indicadores de salud ocupacional para sostenibilidad en la cadena ganadera estadounidense.....	76
Cuadro 19. Categorización de indicadores en NAMA Ganadería	77
Cuadro 20. Estructuración de las variables para el PPNG	83
Cuadro 21. Especificación de los costos fijos presentados en la encuesta para PPNG	84
Cuadro 22. Especificación de los costos variables presentadas en la encuesta para PPNG	86
Cuadro 23. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de salarios	87
Cuadro 24. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de terreno	89

Cuadro 25. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de maquinaria y equipo.....	90
Cuadro 26. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de infraestructura.	91
Cuadro 27. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de datos financieros	92
Cuadro 28. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de combustibles...	93
Cuadro 29. . Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de servicios fijos	94
Cuadro 30. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de impuestos y cargas	95
Cuadro 31. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de animales	96
Cuadro 32. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría alimentos	97
Cuadro 33. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría sanidad.....	98
Cuadro 34. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de servicios variables	99
Cuadro 35. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de trazabilidad....	100
Cuadro 36. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de reproducción..	101
Cuadro 37. Ponderación de variables para la categoría de salarios	103
Cuadro 38. Ponderación de variables para la categoría de terreno	104
Cuadro 39. Ponderación de variables para la categoría de maquinaria y equipo.....	106
Cuadro 40. Ponderación de variables para la categoría de infraestructura.....	108
Cuadro 41. Ponderación de variables para la categoría de variables financieras.....	109
Cuadro 42. Ponderación de variables para la categoría de combustibles	109
Cuadro 43. Ponderación de variables para la categoría de servicios fijos	111
Cuadro 44. Ponderación de variables para la categoría de impuestos y cargas	112
Cuadro 45. Ponderación de variables para la categoría de animales	113
Cuadro 46. Ponderación de variables para la categoría de animales	114
Cuadro 47. Ponderación de variables para la categoría de sanidad	115
Cuadro 48. Ponderación de variables para la categoría de servicios variables	116
Cuadro 49. Ponderación de variables para la categoría de trazabilidad	117
Cuadro 50. Ponderación de variables para la categoría de reproducción	117
Cuadro 51. Distribución porcentual regional total y por sistemas de las fincas del PPNG en el período 2015-2018	120
Cuadro 52. Parámetros de decisión para datos de panel	145
Cuadro 53. Principales indicadores para la estimación de la productividad	146

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Variación anual de la deforestación y regeneración bruta 1987-2013	3
Figura 2. Índice comparativo del comportamiento del IMAGRO y el subsector ganadero costarricense durante el periodo 2016-2019	10
Figura 3. Iniciativas y mesas redondas sobre producción de carne de res sostenible	16
Figura 4. Número de publicaciones en Scopus referentes a la utilización del término bioeconomía o economía de base biológica	25
Figura 5. Políticas y estrategias de bioeconomía establecidas al 2015	27
Figura 6. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de salarios	88
Figura 7. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de terreno	89
Figura 8. Comportamiento de respuestas evaluadas en la categoría de maquinaria y equipo	91
Figura 9. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de infraestructura	92
Figura 10. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de datos financieros	93
Figura 11. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de combustible	94
Figura 12. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de servicios fijos	95
Figura 13. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de impuestos y carga	96
Figura 14. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de animales	97
Figura 15. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de alimentos	98
Figura 16. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de sanidad	99
Figura 17. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de servicios variables	100
Figura 18. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de trazabilidad	101
Figura 19. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de reproducción	102
Figura 20. Distribución porcentual de las fincas por región	119
Figura 21. Comparación de sistemas productivos según región de estudio	121
Figura 22. Promedio de tiempos completos semestrales (periodo 2015-2018)	122
Figura 23. Principales partidas de terreno semestrales por finca a nivel general durante el periodo 2015-2018	122
Figura 24. Principales insumos de terreno semestrales por finca a nivel general en el periodo 2015 - 2018	123
Figura 25. Promedios semestrales de las principales unidades de maquinaria y equipo por finca en el periodo 2015-2018	124
Figura 26. Promedio semestral de unidades de infraestructura por finca en el periodo 2015-2018	125
Figura 27. Promedio de partidas financieras efectuadas por semestre en el periodo 2015-2018	126
Figura 28. Promedio semestral de litros de combustible para el periodo 2015-2018	127

Figura 29. Promedio de salidas de dinero en impuestos y otras cargas semestrales generales (2015-2018)	127
Figura 30. Promedio regional de colones por cabeza por kilogramo de ganado en subastas en el periodo 2015-2018	128
Figura 31. Valores promedio semestrales de kilogramos de alimentos adquiridos en el periodo 2015-2018	129
Figura 32. Promedio general de dosis de medicamentos adquiridos semestralmente en el periodo 2015-2018	130
Figura 33. Promedio general de centímetros cúbicos de medicamentos adquiridos semestralmente en el periodo 2015-2018.....	131
Figura 34. Promedio general de unidades sanitarias adquiridas semestralmente en el periodo 2015-2018	131
Figura 35. Promedio general de consumo energético y recurso hídrico semestral por región en el periodo 2015 - 2018.....	132
Figura 36. Litros promedio de litros de nitrógeno adquiridos por semestre (2015-2018).....	133
Figura 37. Promedio regional de hectáreas versus costo por finca en el periodo 2015-2018.....	134
Figura 38. Promedio regional de hectáreas versus costo por unidad animal en el periodo 2015-2018. Costo uatr en miles	135
Figura 39. Promedio regional de unidades animales por hectárea en el periodo 2015-2018	136
Figura 40. Contraste de decisión entre mínimos cuadrados ordinarios y efectos fijos	138
Figura 41. Contraste de decisión entre mínimos cuadrados ordinarios y efectos variables	138
Figura 42. Contraste de decisión entre efectos aleatorios y efectos fijos	139
Figura 43. Modelo base con problemas de heterocedasticidad.....	141
Figura 44. Modelo econométrico final.....	142

ABREVIATURAS

ACP.....	Análisis de Componentes Principales
ACV.....	Análisis de Ciclo de Vida
CATIE.....	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CORFOGA.....	Corporación de Fomento Ganadero
CNPL.....	Cámara Nacional de Productores de Leche
FAGANIC.....	Federación de Asociaciones ganaderas de Nicaragua
FAO.....	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GEI.....	Gases de Efecto Invernadero
GRSB.....	Global Roundtable for Sustainable Beef
IICA.....	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INEC.....	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
IMAGRO.....	Indicador mensual de Actividad Agropecuaria
IMN.....	Instituto Meteorológico Nacional
INTA.....	Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria
MAG.....	Ministerio de Agricultura y Ganadería
NAMA.....	Acción de mitigación Nacionalmente Apropriada
ONU.....	Organización de las Naciones Unidas
PIB.....	Producto Interno Bruto
PNUD.....	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PPNG.....	Proyecto Piloto de Ganadería baja en Emisiones
USRSB.....	United States Roundtable for Sustainable Beef
WEF.....	World Economic Forum

I. RESUMEN

En esta investigación se desarrolla un modelo metodológico para la estimación de la productividad ganadera en una muestra de fincas pertenecientes al Programa Piloto Nama Ganadería, durante el periodo 2015-2018. Los resultados obtenidos se dividen en tres secciones, en primer lugar, un análisis de estrategias holísticas bioeconómicas en conjunto con una selección de legislación costarricense, en la que se detallan, a través de un marco de referencia, las fortalezas y oportunidades de la bioeconomía en Costa Rica.

En segundo lugar, se presenta una construcción de indicadores para ganadería a partir de un análisis de componentes principales, producto de la elevada cantidad de datos y variables en cada finca. Como resultado, se proponen 14 indicadores principales y múltiples subindicadores, como herramientas de medición y análisis para categorías como salarios, maquinaria y equipo, infraestructura, alimentación, salud, reproducción, entre otros.

Finalmente, se realiza el análisis de estadística descriptiva de la muestra y se detalla paso a paso a través del manejo de datos de panel, el proceso de construcción econométrico en la determinación de los componentes más sensibles e influyentes en la productividad. Se concluye con una capacidad de 75% ajuste, que los conjuntos de variables relacionadas a alimentación, alta exigibilidad, maquinarias y salarios, son los puntos principales para responder al objetivo general de la investigación.

II. INTRODUCCIÓN

La necesidad constante de un proceso de mejora continua en el sector agropecuario, es el punto de partida para la búsqueda de soluciones a problemáticas como el cambio climático y la dependencia de los hidrocarburos. El aprovechamiento de recursos debe expandirse más allá de los insumos económicos, y considerar como factores productivos los recursos ambientales asociados a la eficiencia y productividad del sector, como un medio para mantenerse en mercados de mayor exigencia y competitividad (Barrantes Aguilar, 2014).

Considerar el vínculo entre los factores productivos y ambientales, es un paso hacia la promoción de actividades económicas amigables con el ambiente. Este proceso de cambio, se ha desarrollado en Costa Rica a través de diferentes campos, siendo uno de los más importantes la evolución del uso de tierra para las actividades agrícolas.

En términos de área, la extensión dedicada al sector agrícola y pecuario en Costa Rica ha variado por la sustitución de la tierra hacia actividades comerciales o de recuperación de bosque. Dicha evolución se refleja en el informe final sobre “Patrones y factores de cambio de la cobertura forestal natural de Costa Rica” para el período 1987 – 2013, donde se explica como el uso de las áreas deforestadas en los 26 años de estudio fue dedicada mayormente para pastos, de los cuales entre 6 y 8 de cada 10 hectáreas taladas de manera anual se destinaron a la ganadería (Sierra et al., 2016).

En este proceso de cambio se pueden identificar tres tendencias claras: 1) intensificación del uso del suelo y un aumento en la deforestación, estimado durante finales de la década de 1980 hasta finales de la de década de los 90’s, 2) un periodo de transición identificado entre 1997 - 2008, en que la deforestación y regeneración simultáneamente fueron equivalentes, 3) una tercera fase (2008 – 2016) de mayor recuperación del uso del suelo (Sierra et al., 2016).

Como se puede observar en la figura 1, ha existido un proceso de constante evolución en el cambio neto del área forestal, el cual desde la fase tres en adelante, se ve como una manifestación cultural por preservar la biodiversidad, la cual desencadena en una serie de oportunidades para la interacción entre la bioeconomía y los sectores productivos.

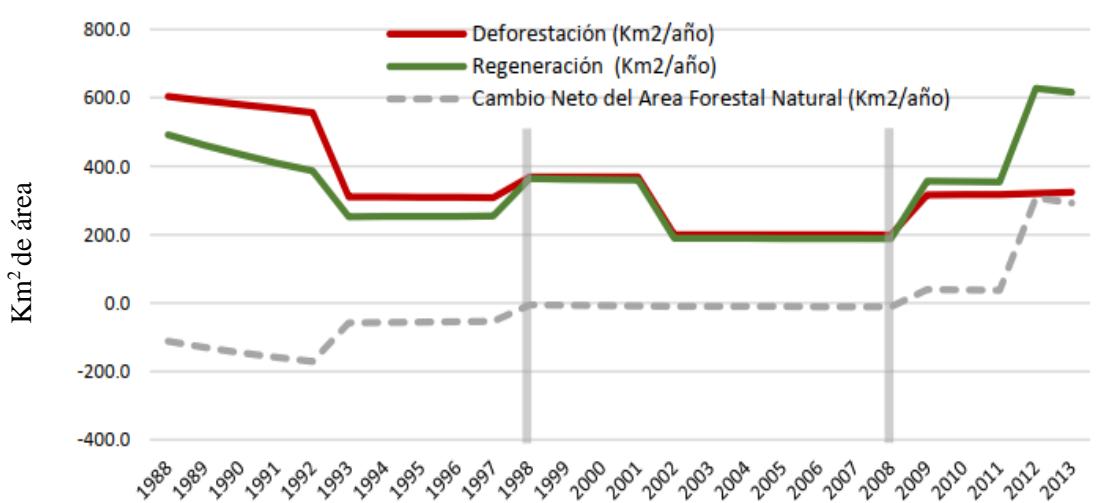


Figura 1. Variación anual de la deforestación y regeneración bruta 1987-2013
 Fuente. Sierra et al (2016)

A pesar de esta evolución, la magnitud de superficie del sector primario ocupa la mitad del territorio nacional (47,1%) traduciéndose en una cifra de 2 406 418,4 hectáreas, de las cuales, actividades productivas como el desarrollo cafetalero/ forestal y de caña de azúcar entre otros, se apropian de un 24,3% y 21,7% del total respectivamente. Sin embargo, la actividad ganadera alcanza una participación territorial de un 28,5%, siendo esta la de mayor alcance dentro del total de terreno destinado a las fincas en el país (INEC, 2019).

La competitividad empresarial para el país se muestra en un nivel medio-alto (situada en la posición 55 de 140) (Schawb, 2019), sin embargo, aspectos tales como los elevados montos por concepto de cargas sociales y de salarios, inflación y restructuración fiscal, el aumento al valor de los servicios básicos como la electricidad, el agua y la tendencia al alza del valor de los combustibles, disminuyen los incentivos a la producción dentro del país (WEF, 2019) y se traducen directamente en mayores costos de operación.

Para el productor costarricense, se estimó que el costo promedio de mantener un animal durante el segundo semestre del año 2016, era de 29 317 colones (CORFOGA, 2019). Por lo tanto, el rendimiento esperado por animal debe estar por encima haciendo uso de todas las herramientas necesarias que le permitan producir de manera sostenible. De manera comparativa, observando los precios durante el periodo de octubre 2017, la estructura productiva nicaragüense, permite ofrecer la carne en canal a un costo de 91 córdobas por kilogramo equivalentes a 2,69 dólares (FAGANIC, 2019), mientras que en Costa Rica, el

precio por kilogramo de canal bovino se estima en un promedio de 1914 colones, equivalentes a 3,27¹ dólares (CORFOGA, 2019), situación que pone en desventaja al productor costarricense.

Como se muestra en el cuadro 1, los costos de producción varían según zona, ya que la influencia de los microclimas, calidades de alimentos y decisiones administrativas se reflejan en los costos por animal.

Cuadro 1. Distribución de costos mensuales promedio de las fincas del PPNG en Costa Rica según región geográfica

Tipo de Costo	Costo por unidad animal (₡)			Costo por Ha productiva (₡)		
	Sistema / Región	Cría	Doble propósito	Promedio Regional	Cría	Doble propósito
Brunca	17.024	23.932	19.933	24.672	43.768	32.712
Chorotega	28.347	30.810	29.773	43.679	56.040	50.836
Huetar Atlántica	17.705	32.129	25.718	32.523	39.020	36.133
Huetar Norte	23.123	39.666	35.989	13.897	54.496	45.474
Pacífico Central	41.275	32.382	36.044	35.719	36.985	36.463
Promedio por sistema	24.660	32.657	29.317	31.227	46.973	40.398

Fuente: CORFOGA, 2019.

Teniendo estos factores en cuenta, el planteamiento de una perspectiva económica globalizada, no solo de la ganadería sino de todos los sectores productivos actuales, debe estar en la mira constante junto con un proceso evolutivo bajo un creciente marco de cambio. La respuesta a estas problemáticas, puede encontrarse con sistemas de producción enfocados en las técnicas bioeconómicas, las cuales vienen situadas desde finales de la década de los 90's como respuesta ante la incertidumbre generada por la rapidez del cambio climático y la constante dependencia de hidrocarburos para múltiples usos (Vega & Madrigal, 2017). Este sistema propone una resiliencia y un fortalecimiento a los potenciales productivos de las

¹ Tipo de cambio. 1 dólar = 585,32 colones.

naciones, hasta verse reflejado en modelos de mayor sostenibilidad en cada uno de los campos productivos.

Para la ganadería, el gobierno de Costa Rica se encargó de desarrollar una serie de trabajos interdisciplinarios orientados a buscar estrategias para beneficiar al productor.

Gracias a planes de cambio productivo sostenible, se llevó a cabo la propuesta sobre Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMA ganadería), por sus siglas en inglés, en la cual se detallan las situaciones iniciales y los avances en cuanto producción, rentabilidad económica y balances de gases de efecto invernadero (GEI) (MAG, 2017) de un grupo selecto de fincas modelo en Costa Rica.

La finalidad de la propuesta NAMA, no es únicamente de reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en las producciones ganaderas, sino también que los productores alcancen una producción de bajo costo gracias a la gestión de modelos más eficientes que se fundamentan en las bases de la bioeconomía y les permita la aplicación de economías de escala y técnicas biotecnológicas como medio para subsistir en mercados internacionales más fuertes (Barrantes Aguilar, 2014).

De acuerdo a este contexto y la necesidad inmediata de contar con herramientas que permitan flexibilizar el ejercicio de la ganadería y aumentar sus niveles de productividad, es que se busca mediante el uso de la bioeconomía, promover la actividad hacia la sostenibilidad asociada a la potenciación de los factores ambientales mediante el uso de biomasa, bioenergía y biotecnología, como un proceso de mejora continua para formar modelos de ganadería sostenible.

Es por esto que, considerando factores como: (a) la sustitución de suelo dedicado a la ganadería, (b) costos de producción, (c) la competitividad del país y (d) los esfuerzos en avance de legislación en protección de ambiente y producción sostenible ganadera; se plantea la pregunta de investigación **¿Aumenta la productividad por medio de un manejo bioeconómico en la producción ganadera?**

III. JUSTIFICACIÓN

El indicador actual de medición de productividad desarrollado por la Corporación de Fomento Ganadero (CORFOGA) muestra un enfoque de análisis netamente productivo, asociado estrictamente a los factores de producción económicos. Sin embargo, dicho indicador deja de lado elementos ambientales y sociales que forman parte fundamental de cualquier desarrollo empresarial sostenible.

Por este motivo, esta investigación nace como una posibilidad de evaluar la incidencia del factor ambiental y social como elementos productivos dentro de un marco bioeconómico, y evaluar cómo este puede mejorar las condiciones de productividad de la actividad ganadera costarricense.

El fortalecer dicho indicador y transformarlo en una herramienta de análisis holístico del sistema productivo, es el principal resultado que se espera alcanzar mediante esta investigación. Lo anterior, es un primer paso en el proceso de transformación a una producción más sostenible.

Partiendo de lo anterior, se busca a través de la evaluación de variables, representar el comportamiento de la actividad ganadera mediante una visión más holística y no únicamente económica, incorporando los factores ambientales y sociales y tomando la bioeconomía como un enfoque de productividad global.

La bioeconomía se basa en un modelo económico sujeto a una evolución constante, dejando de ser únicamente el conocimiento biológico para propósitos comerciales e industriales (Lewandowski, 2018) y tomado ahora como un enfoque holístico sostenible en respuesta a la dependencia de los hidrocarburos (Staffas et al., 2013).

Por este motivo, y contemplando la temática alrededor de la emisión de gases y la sostenibilidad del sistema productivo asociado a la actividad ganadera, es que surge la importancia de avanzar como sector hacia modelos bioeconómicos de mayor eficiencia entendidos como aquellos que generen un menor impacto directo en el ambiente y a su vez mejores resultados económicos y sociales.

La bioeconomía tiene un amplio potencial de desarrollo en el país debido a su extensa biodiversidad y capacidad de generación de biomasa y bioenergía, siendo estos elementos aquellos que pueden ayudar a reducir el impacto financiero en los costos de producción.

Por otra parte, la utilización de un modelo econométrico permitirá cuantificar el aporte marginal en la productividad ganadera de variables no estrictamente económicas. Lo anterior obedece al concepto de productividad bioeconómica ya que se identificarán factores ambientales y sociales que influyen de manera importante en la productividad ganadera.

Finalmente, considerando estas necesidades productivas y económicas, es que el presente proyecto busca brindarle una herramienta al sector para alcanzar una posición más competitiva en un entorno de evolución constante. Así mismo, se busca contribuir en la base teórica relativa para futuras investigaciones y otras modelaciones.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Analizar la producción ganadera en Costa Rica para la optimización de los recursos mediante un enfoque bioeconómico.

4.2 Objetivos específicos

1. Analizar la definición de bioeconomía y la descripción de políticas nacionales como punto de partida para modelos de ganadería sostenible.
2. Generar indicadores de productividad para la determinación de mejores prácticas en el sector bajo el concepto de bioeconomía.
3. Proponer un modelo metodológico para la estimación de la productividad del sector que permita el planteamiento de propuestas de mejora continua.

V. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis para esta investigación, nace de la importancia que ha tomado en los últimos años el enfoque de los sistemas productivos hacia la bioeconomía y la adopción de modelos holísticos basados en producciones sostenibles.

Salmón, Funes-Monzote, & Martín, (2012) hacen referencia a la importancia del ambiente en los sistemas económicos, al concluir que con mayores niveles de biodiversidad en un sistema productivo, existe una relación directa con la productividad misma del sistema.

Por estos motivos, se plantean las siguientes hipótesis:

H_0 : un manejo bioeconómico en la producción ganadera no afecta positivamente la productividad

H_1 : un manejo bioeconómico en la producción ganadera afecta positivamente la productividad

VI. MARCO DE ANTECEDENTES

En la actualidad, el índice mensual de actividad agropecuario costarricense (IMAGRO) ha mostrado las consecuencias de las circunstancias a las que se ha enfrentado el sector agropecuario durante los últimos meses. Un proceso de contracción económica cercana a un año ha sido el constante resultado de los desempeños negativos que los principales productos agrícolas del país han tenido en los mercados internacionales. Los casos de banano y la piña, fueron robustamente afectados por la escasez del recurso hídrico y el fortalecimiento de las exportaciones de los mercados de competencia directa filipinos y tailandeses, lo que movilizó la pendiente de la curva en una posición de caída hasta alcanzar valores negativos. Estos productos se encuentran en una etapa de recuperación debido a la mejoría del clima en las zonas de producción (piña +6,7 puntos porcentuales (pp) y banano +4,9pp) (IMAGRO, 2019).

No obstante, dentro de los subsectores que conforman dicho índice, los productos pecuarios han sido sujetos de una tasa creciente en el tiempo. Sin embargo, como se puede observar la figura 2, debido a la magnitud de los componentes, este aumento no se refleja en la totalidad del índice ni altera su dirección a pesar de ser una tasa positiva.

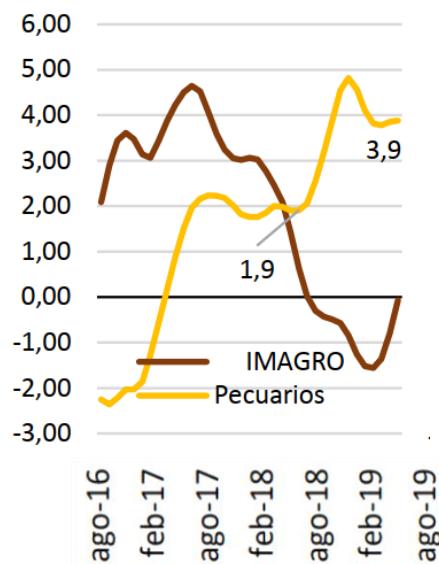


Figura 2. Índice comparativo del comportamiento del IMAGRO y el subsector ganadero costarricense durante el periodo 2016-2019

Fuente. IMAGRO, 2019.

La actividad ganadera y agrícola costarricense se ha convertido en un motor dinamizador de la economía nacional. En términos de aporte al PIB, la actividad agropecuaria durante el año 2017 representó un 5,2% de su valor total (INEC, 2019) mientras que para ambos sectores, las variaciones porcentuales respecto al nivel de exportaciones han reflejado incrementos positivos en el periodo 2017-2018, siendo para el mercado agrícola un cambio de +1,8 pp mientras que el sector pecuario mostró una variación de +2,4 pp durante el mismo periodo (SEPSA 2018). Sin embargo, esto ha sido resultado de un acople a una serie de cambios estructurales que han influido en la forma de operar por parte de los actores ganaderos (MAG, 2015).

Como se puede observar en el cuadro 2 los comportamientos de las actividades pecuaria y agrícola han presentado comportamientos crecientes, los cuales se traducen como signos de recuperación de la actividad.

Cuadro 2. Exportaciones de cobertura agropecuaria de Costa Rica según sector en millones de dólares (2017-2018)

Concepto	2017	2018	Variación porcentual	Participación % 2018
Exportaciones	4878,1	4918,3	0,8	100,0
Agrícola	2849,1	2901,1	1,8	59,0
Pecuario	230,9	236,5	2,4	4,8
Pesca	90,5	99,7	10,2	2,0
Industria alimentaria	1580,2	1549,3	-2,0	31,5
Industria agromanufacturera	43,2	36,4	-15,9	0,7
Industria química, maquinaria y equipos	84,3	95,4	13,2	1,9

Fuente. SEPSA, 2018.

Como se menciona previamente, cambios estructurales como la reducción del área total de pastura por sustitución hacia cultivos, sumado al aporte de área originalmente dedicada a pasturas para dar lugar a bosques secundarios, el incremento en los sistemas ganaderos de doble propósito, la propensión al desarrollo de ganado de carne en fincas de mayor tamaño, la utilización de pastoreo intensivo para el engorde del hato así como siembra de bancos forrajeros y pastos con mejores calidades genéticas en potreros de menor tamaño, son solo algunas de las transformaciones más sensibles en la estructura productiva de la ganadería (MAG, 2015).

Dentro del contexto nacional, los productores de ganado para leche, engorde o el uso del doble propósito deben estar dentro de un marco legal que brinde los lineamientos para desarrollar una producción de menor impacto ambiental en sus fincas. Durante el año 2015, profesionales de diversas instituciones como CORFOGA, El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), la Cámara Nacional de Productores de Leche (CNPL), el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) se unieron con la finalidad de desarrollar el actual Manual Operativo del Piloto Nacional de NAMA Ganadería, el cual se enfoca primordialmente en la promoción de una serie de actividades para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el manejo de fincas ganaderas, y brindar al productor una opción de acoger un sistema productivo más amigable con el ambiente.

En el año 2015, Costa Rica presenta su política Nacional de Biodiversidad 2015-2030, la cual se desarrolla bajo el concepto del uso y la conservación sostenible de la biodiversidad, tema que va de la mano con el enfoque bioeconómico, de los cuales se sabe que Costa Rica tiene un gran potencial a desarrollar debido a su importante cantidad de recursos ambientales y capacidad de generación de biomasas y bioenergías (IICA, 2013).

Específicamente dentro del sector ganadero, surge la “Estrategia para la Ganadería baja en Carbono 2015-2034” la cual ha permitido a Costa Rica alcanzar una condición de carbono positiva, traduciéndose como una captura mayor de CO₂ en comparación a las emisiones de GEI que emite la actividad pecuaria, esto gracias a cambios productivos en una alimentación más efectiva y un aumento de reforestación en las fincas para pastoreo (Garza, 2019)

Esta estrategia se ha enfocado en desarrollar una visión de la ganadería ambientalmente consciente, sin perder de vista la eficiencia y las mejoras en la productividad. Objetivos como avanzar hacia sistemas más intensivos, estimular la rentabilidad, fomentar la lechería especializada o promover razas de mejor calidad en pequeñas fincas han sido la base para atraer a los productores hacia este nuevo modelo productivo (MAG, 2015).

Los cambios del modelo de producción convencional hacia la ganadería especializada, sumada al esfuerzo realizado para establecer cambios en la política nacional, han sido en

función de promover la sostenibilidad ganadera. Por lo tanto, hacer uso de técnicas y herramientas que detallen el valor protagónico del recurso ambiental dentro del sector son necesarias para complementar este nuevo enfoque productivo.

Entre estos lineamientos surge la necesidad de desarrollar un análisis de ciclo de vida (ACV) de la actividad ganadera que permita mostrar las bases en cuanto a los requerimientos de recursos concierne, además que identifique los principales puntos donde la carga ambiental pueda ser reducida y evalúe el costo y los efectos ambientales de los procesos productivos para establecer un ACV fiable para el sector (Aramyan, 2007).

La forma inicial en la que se abordan los cambios estructurales en el sector es mediante el desarrollo de la estrategia NAMA ganadería, que, gracias a la construcción de indicadores de rendimiento, emisiones de dióxido de carbono, carga animal entre otras, intenta reducir al máximo la utilización de insumos y disminuir el uso de materia prima no aprovechada por el animal ni reflejado en la productividad para la finca.

En el contexto internacional, el concepto de ganadería sostenible se ha estudiado en diferentes países, todos bajo el objetivo de generar un sistema más eficiente, de menor emisión de CO₂ y capaz de satisfacer los aumentos en la demanda originados por cambios como la globalización, el crecimiento poblacional, aumento del PIB y el desarrollo urbanístico (FAO, 2018).

Dichos aumentos de demanda se acompañan por una serie de preocupaciones en cuanto a sostenibilidad, ya que el acceso a recursos y el cambio climático junto con la seguridad alimentaria, los medios de vida, salud y el bienestar animal son temas clave que se ven afectados en una producción incremental no sostenible (FAO, 2018).

Estas inquietudes se han abordado durante los últimos cinco años de manera política y global a través de la “La Mesa Redonda Mundial para la Carne de Vacuno Sostenible” (GRSB)² la cual involucra a los principales productores de carne del mundo. Dicha iniciativa inició en 2012 y durante 2014 en Brasil, se llevó a cabo la primera conferencia mundial sobre carne sostenible, en la que se desarrolló la temática de la importancia de los mercados latinoamericanos como actores productivos para los grandes compradores asiáticos y su

² Global Roundtable for Sustainable beef, (GRSB), por sus siglas en inglés.

creciente demanda (GRSB, 2018). Repitiendo estas mesas redondas en 2016 en Canadá abordando la mejora de la sostenibilidad a nivel regional y global mediante un marco de evaluación constante e indicadores de medición de progreso (Maia de Souza et al., 2017) y finalmente, en 2018, dicha conferencia se traslada a Irlanda acercándose a la temáticas de innovación y tecnología en las producciones pecuarias y los impactos globales de la sostenibilidad, entre otros (GRSB, 2018).

No obstante, anteriormente, ya existían movimientos dedicados a la ganadería sostenible como es el caso del “Grupo de Trabajo Pecuario Sostenible” en Brasil o la “Mesa Redonda Canadiense para la Carne Sostenible”. Todas estas iniciativas parten del mismo objetivo de alcanzar la producción sostenible, para lo que se basan en cinco principios básicos: el manejo responsable de recursos naturales y el medio ambiente; la protección y respeto de los derechos humanos y su participación en la cadena de valor, incluyendo la sostenibilidad social; la salud animal, los alimentos y la confianza por parte de los productores hacia el consumidor de brindar seguridad y calidad de productos cárnicos; y finalmente eficiencia e innovación, buscando la reducción de desperdicios y aumento de viabilidad económica (GRSB, 2018).

Otro caso importante de mejoras en eficiencia y producción ganadera se da en los Estados Unidos, donde se desarrolló el “Marco de Sostenibilidad para la Industria de Carne de Res”, en el que muestran estrategias de sostenibilidad para toda la cadena de valor, iniciando desde las fincas criadoras de ganado, hasta el acceso al consumidor final. Esto toma en cuenta las plantas de proceso, patios de alimentación especializada y las subastas.

Este marco de sostenibilidad inició definiendo el término de producción de carne sostenible, entendida como *“una producción socialmente responsable, ambientalmente escuchada y económicamente viable, la cual prioriza el planeta, las personas, los animales y el progreso”* (USRSB, 2019). Subsecuentemente se identificaron una serie de indicadores prioritarios necesarios para la sostenibilidad ganadera, como lo son los recursos hídricos, acceso a la tierra, aire y emisiones de GEI, eficiencia y productividad, salud animal y salud y seguridad del trabajador, para los que se desarrollaron una serie de mediciones.

Este marco de sostenibilidad estadounidense, a través de un ACV obtuvo una cuantificación de los impactos al ambiente en la cadena de valor desde la producción de carne hasta el

consumidor, que permitió identificar puntos claves a lo largo del encadenamiento con potencial de ser mejorados, y a su vez, identificar cuáles de los impactos pueden ser directamente controlados y cuales tienen una mayor dificultad para tratarse (USRSB, 2019).

Dicho análisis concluyó que la producción ganadera, incluyendo la alimentación, el uso de electricidad, fertilizantes y combustibles fósiles, representa un 3,3% del total de GEI estadounidense. Complementariamente, se encontró que un 10% del total de acres de maíz cosechado se destina a alimento animal (USRSB, 2019).

Como se muestra en el cuadro 3 sobre indicadores, el caso de medición de eficiencia y la productividad, examina diferentes categorías que presentan una influencia directa en la sostenibilidad de la producción ganadera, siendo para este caso específico el consumo de recursos, desperdicios y demanda de energía, tres puntos determinantes de la sostenibilidad.

Cuadro 3. Relación entre indicadores del marco de sostenibilidad y las categorías de impacto de ACV

Indicadores de sostenibilidad de la industria de carne de res en EUA	Categoría de impacto del LCA
Recursos de la tierra	Uso de la tierra
Recursos hídricos y de tierra	Potencial de acidificación
Recursos hídricos	Uso de agua evaluado y absoluto
Recursos hídricos	Emisiones de agua
Eficiencia y productividad	Consumo de recursos
Eficiencia y productividad	Desperdicios sólidos
Eficiencia y productividad	Demanda de energía acumulada
Aire y emisiones de GEI	Creación de ozono fotoquímico
Aire y emisiones de GEI	Potencial de agotamiento del ozono
Aire y emisiones de GEI	Potencial de calentamiento global
Salud y seguridad de los empleados	Potencial de toxicidad

Fuente. USRSB, 2019.

Finalmente, existen otras iniciativas que persiguen mejorar la calidad de sus sistemas ganaderos a través de cambios hacia modelos sostenibles, de menor uso de insumos y menor cantidad de residuos. Paraguay, Colombia, Argentina, Australia ya han desarrollado iniciativas de producción sostenible en las que el común denominador se enfoca en mejorar

la productividad de sus sectores mediante la sostenibilidad de las cadenas productivas (GRSB, 2018).

Como se detalla en la figura 3, países en todas las regiones se encuentran desarrollando sus estrategias para la producción ganadera sostenible. Grandes mercados de demanda creciente como el caso de China, ha empezado a abogar por su propia estrategia país que les permite satisfacer su demanda de una manera sostenible

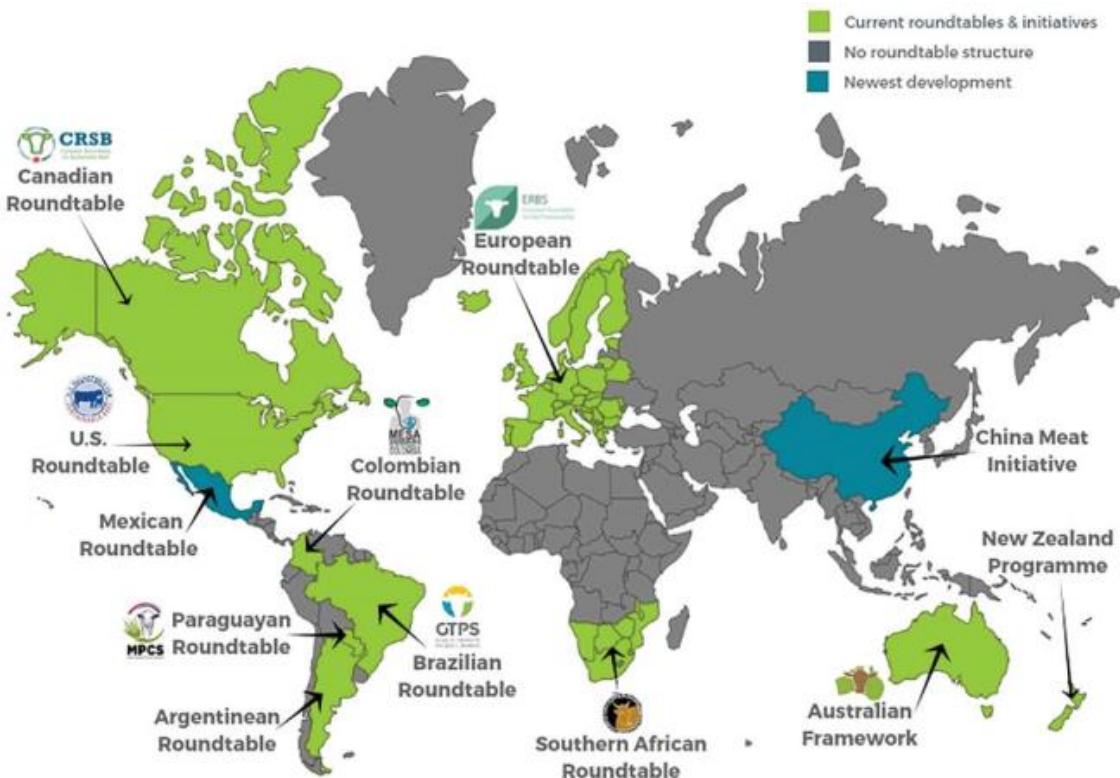


Figura 3. Iniciativas y mesas redondas sobre producción de carne de res sostenible

Fuente. GRSB, 2018

Sneessens (2013), Rivera, Chará & Barahona (2016) y Molina-Rivera, Olea-Pérez, Galindo-Maldonado, & Arriaga-Jordán, (2019) realizaron mediciones de eficiencia y productividad en el sector ganadero a través del ACV, en los que obtuvieron de manera concluyente que los niveles de productividad se veían afectados de manera positiva al determinar los puntos clave de mejora referentes al uso de insumos y disminuyendo su impacto al ambiente. En el caso de Sneessens (2013), en una muestra de 37 fincas, determinó mediante el ACV, la relación inversa entre impacto ambiental y eficiencia productiva, la cual estimó una reducción de 20,6% en el consumo de energías no renovables y una potencial reducción de

costo de un 18,8% utilizando como variables: alimentación, mano de obra, insumos, entre otros, las cuales concluyen que la minimización del impacto ambiental influye directamente en la eficiencia económica, la cual representó cerca de dos dólares por cada EQF³ preservado.

Rivera et al (2016) demostró que un sistema silvopastoril intensivo versus un sistema convencional, se genera una reducción de un 13% – 25% de GEI, considerando los impactos ambientales generados en la utilización del suelo, el uso de energías no renovables y el potencial de calentamiento global, sumado al resultado de un aumento de productividad de los animales gracias a la utilización de alimentos de mejor calidad, los cuales generan una mayor digestibilidad y una menor emisión de metano.

El caso del “Análisis de ciclo de vida de tres sistemas ganaderos tropicales en Campeche, México” (Molina-Rivera et al., 2019), estudian los puntos de mejora directa que influyen en la productividad de los ganaderos mexicanos, realizando análisis comparativos entre las producciones vaca-becerro y producciones de doble propósito.

El análisis no mostró diferencias significativas con respecto a las emisiones de GEI ($p>0,01$) al contrastar los sistemas de pastoreo debido a las semejanzas de productividad entre ambos sistemas y el origen de la materia seca que consumen los animales, no obstante, si se encontraron diferencias significativas entre las producciones doble propósito y las vacas-becerros, ya que los animales de doble propósito presentan mayor productividad por hectárea (Molina-Rivera et al., 2019).

Uno de los factores concluyentes más importantes de este estudio se centró en que la productividad tiene una relación directa con la emisión de GEI, mientras que no tuvo ninguna influencia con el sistema de pastoreo (Molina-Rivera et al., 2019).

Otro caso de análisis de productividad y eficiencia se da en el “Marco de sostenibilidad para la industria de Carne de Res” del gobierno estadounidense. Esta muestra un indicador de eficiencia y productividad medido a través de ACV en el cual buscan aumentar la eficiencia de la transformación de granos y forrajes a través del sistema para obtener proteína de alta calidad para los humanos.

³ EQF se refiere a combustible equivalente. 1 EQF = 1 litro de fuel = 35.8 MJ

Dicho indicador nace del constructo de que mayores niveles de optimización en la productividad animal influyen directamente en los requisitos de recursos naturales y por consecuente en las emisiones ambientales, complementando la correlación existente entre productividad y bienestar animal (USRSB, 2019).

Para realizar este análisis, se evalúan características relacionadas con la productividad, las cuales consideran los registros económicos, partiendo del precepto inicial de que la industria cárnica existe, si el sector productivo tiene solvencia económica que le asegure la sostenibilidad de la actividad, las tasas de reproducción animal, la genética de los animales y la utilización correcta de los genomas para los objetivos específicos de mercado, nutrición, tecnología y prácticas administrativas adecuadas (USRSB, 2019)

Cobo & Barroto (2013), Krasachat (2007) y Ahmad Ghorbani et al., (2009) realizan también mediciones de eficiencia y productividad en el sector ganadero, a través del método del análisis envolvente de datos (DEA). Estos estudios concuerdan en que los animales por granja, la cantidad de mano de obra, la cantidad de energía metabolizada, los alimentos concentrados, kilogramos de leche por hectárea y totalidad de área utilizada son las variables explicativas para el comportamiento de la productividad.

Los autores concuerdan en la posibilidad de que la eficiencia puede ser mejorada por el uso correcto de los recursos a niveles precisos, mientras que, el tamaño de la finca, la raza del ganado y las diferencias en alimentos concentrados se pueden relacionar con una ineficiencia económica si no se controlan adecuadamente.

Chacón-Cascante & Posada (2012) y Himawan Arif & Yanuar Rachmansyah, (2010) desarrollan la medición de productividad y eficiencia a través de la modelación de variaciones de la función de Cobb- Douglas. Estos análisis muestran que la eficiencia de la producción se encuentra a través de las variables explicativas: alimentación, mano de obra, reproducción, mantenimiento, transporte, cantidad de animales, entre otras, las cuales son utilizadas por los autores en sus respectivos análisis.

Estos estudios incluyen el factor ambiental dentro de la estimación de productividad, considerando un componente dentro del modelo que alberga criterios relacionados

directamente con las emisiones de GEI, ya que se busca relacionar el comportamiento de las fincas con insumos de alta emisión (Chacón-Cascante & Posada, 2012)

Himawan Arif & Yanuar Rachmansyah, (2010), realizan una aproximación a la eficiencia productiva a través de Cobb Douglas, en el que concluyen que su sistema ganadero puede aumentar su ingreso y productividad a través de únicamente la disminución de terneros ya que los costos asociados dentro su producción no les permiten hacerse cargo de dicha actividad. Se debe destacar que este caso específico se desarrolla en Indonesia, en donde el 90% de la producción ganadera es de pequeña escala, con 6.5 millones de productores de ganado en áreas rurales con un índice socioeconómico bajo (Ali Agus et al., 2018).

En el cuadro 4, se muestra una síntesis con las variables utilizadas por diversos autores para realizar mediciones de productividad ganadera, coincidiendo en muchos de los casos, en los insumos utilizados para realizar las mediciones.

Cuadro 4. Sistematización de variables para la definición de eficiencia y productividad

Variables	Autores
Mano de obra / trabajo / horas trabajadas por día	(Himawan Arif & Yanuar Rachmansyah, 2010), (Vargas-Leitón et al., 2013), (Chacón-Cascante & Posada, 2012), (Sneessens, 2013), (Jose Arce Cordero et al., 2015), (Anwarul Hoque & Adesoji O Adelaja, 1984), (Kentaro Katsumata & Loren W Tauer, 2008), (Grisley & Gitu, 1984), (Krasachat, 2007), (Ahmad Ghorbani et al., 2009)
Alimentos / Concentrados / Suplementos/ Heno/Pastos/Ensilaje	(Himawan Arif & Yanuar Rachmansyah, 2010), (Vargas-Leitón et al., 2013), (Martos Peinado et al., 1997), (Chacón-Cascante & Posada, 2012), (Sneessens, 2013), (Anwarul Hoque & Adesoji O Adelaja, 1984), (Kentaro Katsumata & Loren W Tauer, 2008), (Grisley & Gitu, 1984), (Krasachat, 2007)
Terneros / Vacas/ Vacas en Ordeño/ Cantidad de animales/ Cantidad de animales adultos/ Terneros por granja	(Cobo & Borroto, 2013), (Himawan Arif & Yanuar Rachmansyah, 2010), (Martos Peinado et al., 1997), (Chacón-Cascante & Posada, 2012), (Ahmad Ghorbani et al., 2009)
Área Útil / Área de pastura/ Área de producción/ Área total de terreno	(Cobo & Borroto, 2013), (Vargas-Leitón et al., 2013), (Sneessens, 2013)
Variables financieras (Costo por kg de leche / margen bruto de la actividad / Precio litro de leche / costo de entrada en producción/ ingresos totales/ gastos operativos/ utilidades/ capital/ rentas/ impuestos)	(Cobo & Borroto, 2013), (Himawan Arif & Yanuar Rachmansyah, 2010), (Martos Peinado et al., 1997), (Chacón-Cascante & Posada, 2012), (Anwarul Hoque & Adesoji O Adelaja, 1984), (Kentaro Katsumata & Loren W Tauer, 2008), (Anwarul Hoque & Adesoji O Adelaja, 1984)
Producción de leche / kg de leche por hectárea/ Productividad/ Leche	(Cobo & Borroto, 2013), (Himawan Arif & Yanuar Rachmansyah, 2010), (Martos Peinado et al., 1997), (Chacón-Cascante & Posada, 2012),
Fertilizantes, Herbicidas, Agroquímicos	(Vargas-Leitón et al., 2013), (Sneessens, 2013), (Jose Arce Cordero et al., 2015), (Kentaro Katsumata & Loren W Tauer, 2008)
Reproducción y salud / Periodos de engorde	(Chacón-Cascante & Posada, 2012), (Ahmad Ghorbani et al., 2009)
Otros (horas de gestión administrativa / Mantenimiento/ Transporte/ Gastos no operativos/ Combustible/ Electricidad/ Gastos ganaderos/ Maquinaria/ Semillas)	(Vargas-Leitón et al., 2013), (Chacón-Cascante & Posada, 2012), (Sneessens, 2013), (Anwarul Hoque & Adesoji O Adelaja, 1984), (Kentaro Katsumata & Loren W Tauer, 2008), (Krasachat, 2007)
Tiempo (variable proxy de tecnología)	(Anwarul Hoque & Adesoji O Adelaja, 1984)

Fuente. Elaboración propia basada en revisión de literatura.

VII. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

La sostenibilidad es entendida como “*...La satisfacción de necesidades de recursos y servicios, de actuales y futuras generaciones sin comprometer la salud de los sistemas que los proporcionan... una condición de equilibrio...que permite satisfacer necesidades sin exceder la capacidad de los ecosistemas para continuar regenerando...*” (Brundland Report, 1987).

Por lo tanto, al explorar investigaciones de carácter similar, la eficiencia productiva toma un punto protagónico en los análisis de las cadenas, ya que concuerdan en que “un vector de entrada-salida factible es técnicamente eficiente si es tecnológicamente imposible aumentar cualquier salida y/o reducir cualquier entrada (al sistema productivo) sin reducir simultáneamente otra salida y/o entrada” (Sneessens, 2013). Sin embargo, la eficiencia no debe ser medida únicamente en términos productivos, sino que el factor ambiental debe ser contemplado como un elemento más de la cadena productiva el cual puede ingresar como una variable más en la ecuación y que esta permita ser potenciada como una ventaja competitiva en la producción pecuaria acoplándose a los nuevos enfoques económicos desligados de la necesidad de la utilización de hidrocarburos (Estrada et al., 2005).

Esta simbiosis entre sistemas productivos y su relación con el medio ambiente se puede alcanzar al realizar un acercamiento a la bioeconomía y a los fundamentos de la economía circular, los cuales tienen un amplio potencial de desarrollo en el campo agropecuario (Adamowicz, 2017).

En cuanto a bioeconomía, este no es un concepto desconocido sino que se ha remontado a finales de los años 1960, en el que se utilizó para conferirle un reconocimiento a las bases biológicas de las actividades económicas (Lewandowski, 2018). Esta definición con el paso del tiempo sufrió transformaciones que lo posicionan en una perspectiva holística de transformación del conocimiento hacia nuevas opciones de producción sostenibles, competitivas y ecoeficientes (Staffas et al., 2013). Dicha evolución se ha ido formando progresivamente y se ha adecuado de acuerdo a las capacidad productivas que una nación o un sector económico tiene o puede alcanzar (Golembiewski et al., 2015a).

Aunque se cuentan con múltiples definiciones y una amplia internacionalización, la esencia básica de la ideología se mantiene constante en cada una de ellas, reflejando la importancia de la sostenibilidad como la respuesta para la viabilidad económica al potenciar el uso de la biomasa generada por los mismos sistemas productivos, de manera óptima y eficiente gracias a la adopción de la biotecnología, siendo esto el principio de la economía circular (Aguilar et al., 2018).

CEPAL, (2018) referencian que el concepto de bioeconomía se entiende como:

“una economía basada en el consumo y la producción de bienes y servicios derivados del uso directo y la transformación sostenibles de recursos biológicos y de los desechos biogénicos que se generan en los procesos de transformación, producción y consumo, (b) aprovechando el conocimiento de los procesos y principios biológicos y (c) las tecnologías aplicables al conocimiento y transformación de los recursos biológicos y a la emulación de procesos y principios biológicos”.

Esto toma un amplio sentido al pensar en su aplicación dentro del sector ganadero y el gran potencial que tiene este para ser un factor clave en el aumento de la productividad y la eficiencia.

Vincular términos de eficiencia, bioeconomía y economía circular no es posible sin tomar en cuenta el factor que hace que dicha unión se mantenga en el tiempo, por lo que para desarrollar esta investigación, el concepto de sostenibilidad debe ser una constante que rija la metodología de cambio en los sistemas productivos, entiéndase no únicamente una sostenibilidad ecológica o ambiental para la preservación del medio sino también una sostenibilidad económica y social que permita el desarrollo humano dentro de una actividad económica (Morelli, 2011).

Al aplicar todos estos conceptos dentro del ámbito de la ganadería, se puede construir una relación a través del análisis de ciclo de vida, la cual, aunque no se realiza explícitamente ni se plantea metodológicamente durante este trabajo, se utiliza como el medio que permite unir el concepto de la eficiencia con el enfoque bioeconómico. Se debe tener presente que la razón del por qué no se realiza dicho análisis, es que este comprende una serie de mediciones en

los recursos utilizados e impactos al ambiente de la materia residual obtenida durante la producción de un bien, desde el uso de la materia prima hasta su eventual eliminación, sin embargo, el concepto permite tomar algunos objetivos claves del desarrollo de estos análisis para comprender como factores ambientales influyen dentro de la productividad de una actividad, especialmente el objetivo de relación entre la cadena de suministros con el desempeño ambiental (Aramyan, 2007).

En cuanto al término de productividad, este no debe ser confundido con eficiencia, o producción, sino que debe ser entendido como la relación existente entre la totalidad de entradas de materia prima a un sistema productivo con respecto al valor total de salidas de producto terminado durante el proceso de transformación, siendo objeto de aumento de productividad cuando el sistema aumenta las salidas y logra mantener las entradas sin variación, o cuando logra mantener las salidas constantes disminuyendo las entradas de recursos (Tangen, 2002).

No obstante, más allá de la definición teórica, el valor que existe en la simbiosis entre sostenibilidad y producción, es una relación estrecha de respeto hacia la biodiversidad, la cual debe satisfacer las necesidades básicas de producción (Martínez-Castillo, 2009).

La importancia de la sostenibilidad en cualquier sistema productivo, está en función de mantener la productividad a través de la resiliencia del mismo, destacando esto como la razón de mayor peso del porqué orientar la producción en este enfoque.

VIII. METODOLOGÍA

8.1 Marco referencial del concepto de la bioeconomía

El concepto de bioeconomía ha sido sujeto de diversas transformaciones que lo han llevado a un proceso de evolución y adaptabilidad durante las últimas décadas. El concepto se liga directamente con los procesos productivos que cada país o región puede explotar, persiguiendo el desapego a la dependencia de los combustibles fósiles que marcó las actividades económicas del siglo pasado.

Lewandowski y Birner (2018) argumentan que la bioeconomía, en sus orígenes, a finales de la década de 1960, tuvo una definición entendida únicamente como el reconocimiento a las bases biológicas de las actividades económicas. No obstante, con el acercamiento del nuevo milenio, el conocimiento biológico para la explotación comercial dejó de ser una definición suficiente, por lo que inició un proceso de apertura hacia un entendimiento de carácter holístico, enfocado en la sostenibilidad.

Esta nueva mentalidad persigue asegurar recursos para las futuras generaciones, con el fin de brindar bioproductos competitivos en los diferentes mercados y que a su vez sean ecoeficientes para lograr una adopción satisfactoria de este nuevo modelo económico (Staffas et al., 2013).

La evolución de la bioeconomía, llevó a la Comisión Europea a desarrollar en el año 2000, el concepto de la bioeconomía basada en el conocimiento (Knowledge Based Bioeconomy (KBBE)) (Ramcilovic-Suominen & Pütlz, 2018) lo que propició un aumento significativo en la generación de información y un constante avance en el estado de la cuestión referente al desarrollo de la bioeconomía, buscando propiciar que ésta tuviera en el siglo XXI, un impacto mayor al que tuvo el petróleo durante el siglo XX (Golembiewski et al., 2015b).

La figura 4, expone el crecimiento en la generación de investigación bioeconómica a partir del año 2000, coincidiendo con la publicación de la bioeconomía basado en el conocimiento, aportado por la comisión europea.

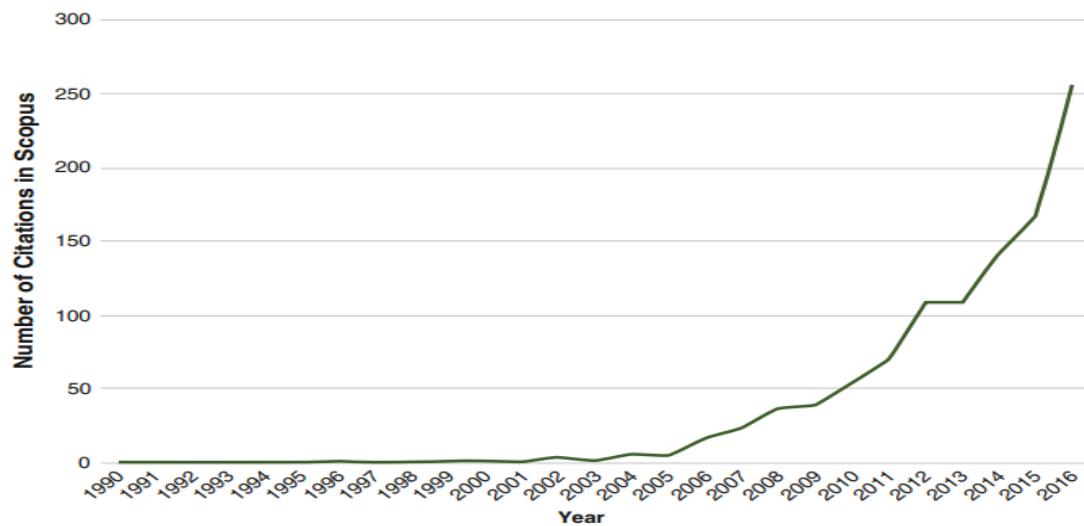


Figura 4. Número de publicaciones en Scopus referentes a la utilización del término bioeconomía o economía de base biológica

Fuente: Strategies and Policies for the Bioeconomy and Bio-based Economy (Staffas et al., 2013)

Por tanto, al considerar el contexto histórico previo, la pluralidad de definiciones y los enfoques de bioeconomía, se respondió al objetivo 1 de la presente propuesta, a través de un análisis de revisión bibliográfica con base en las siguientes palabras clave: bioeconomía, desarrollo sostenible, ganadería, agricultura y sostenibilidad, dentro de los siguientes portales académicos: 1) Directorio de Revistas de Acceso Abierto (DOAJ por sus siglas en inglés), 2) Google Scholar y 3) Scopus, con un plazo de antigüedad de 10 años. Lo anterior con la finalidad de formar el punto de partida para aproximar el análisis del modelo ganadero sostenible a través de un acercamiento a la bioeconomía.

Adicionalmente, debido a la importancia de contar con un elevado número de definiciones bioeconómicas personalizada a las capacidades productivas (Aguilar et al., 2018), se incluyó el análisis de las estrategias holísticas de bioeconomía implementadas en diversos países de todo el mundo, así como las definiciones del concepto que han adoptado. Todo esto como un insumo complementario al marco referencial sobre el entendimiento actual bioeconómico, lo que permite individualizar las estrategias y mostrar la versatilidad que el término es capaz de adquirir, de acuerdo a los diferentes potenciales productivos

El valor teórico de dicho análisis, nace debido a que la combinación generada entre el proceso evolutivo del concepto de la bioeconomía junto con el aumento en la generación del conocimiento hacia el enfoque holístico, ha propiciado que países y regiones en todo el mundo hayan ideado diversas estrategias de implementación. Como claros ejemplos de esto, sobresalen Japón, Estados Unidos o la Unión Europea, que se han posicionado como líderes mundiales en biotecnología, debido a su capacidad para desarrollar el campo de la innovación, el cual ha traído consigo el crecimiento de esta ciencia a través de una reindustrialización (El-Chichakli et al., 2016).

En contraparte, territorios como Brasil, Malasia o Sudáfrica, han puesto sus esfuerzos en generar una agregación de valor en sus recursos biológicos, ya que estos, a través de la biomasa representan sus principales armas de explotación bioeconómica.

Estos enfoques de acercamiento a la bioeconomía exponen que los países de mayor desarrollo tecnológico tienen una orientación primordial hacia la sostenibilidad, mientras que, temáticas como el desarrollo rural inclusivo, o el aprovechamiento inteligente de los recursos son pilares en la bioeconomía de países con mayor riqueza biológica (El-Chichakli et al., 2016).

Como se muestra en la figura 5, diferentes países ya han iniciado el proceso de adopción bioeconómica, con estrategias desarrolladas dedicadas totalmente a la bioeconomía, como lo es el caso de Estados Unidos, España, Sudáfrica, Alemania, Irlanda, Francia o Dinamarca. Otros países han llevado a cabo estrategias relacionadas a temas bioeconómicos, dando especial atención al desarrollo de la bioenergía y la biomasa (German Bioeconomy Council, 2015).



Figura 5. Políticas y estrategias de bioeconomía establecidas al 2015
 Fuente. (German Bioeconomy Council, 2015)

8.2 Políticas nacionales

La capacidad de aprovechamiento de recursos naturales para la explotación del potencial bioeconómico, tiene un importante historial legal que podría permitir sentar bases sólidas para la implementación de una estrategia nacional. Estos antecedentes legales, surgieron como medidas de preservación para la biodiversidad, sin embargo, tienen la capacidad de ser herramientas que den pie a la aplicación de un modelo económico basado en el aprovechamiento holístico de la bioeconomía.

Por este motivo, se alcanzó el objetivo específico 1, a través de una revisión y recolección de la legislación nacional, la cual podría ser vinculante hacia una aplicación de modelo bioeconómico, tanto en las áreas de producción agropecuaria, como en los campos de la conservación del ambiente- biodiversidad, investigación y el desarrollo de nuevas biotecnologías. Todo esto, complementario a la revisión bibliográfica que permite constatar la percepción de la bioeconomía actual desde sus diversos enfoques.

Para este propósito, la revisión de legislación, hizo un énfasis en las leyes donde se relacionan los temas de bioeconomía, desarrollo sostenible, ganadería, agricultura, sostenibilidad, para analizar si se da una interconexión que permita un desarrollo óptimo entre la bioeconomía y el marco regulatorio actual.

Históricamente, los temas de conservación del ambiente y la biodiversidad han posicionado a Costa Rica como un referente en la aplicación de reglas para la conservación. Considerar leyes como la Ley Orgánica del Ambiente (7554) y la Ley de Biodiversidad (7788), como referentes en el área ambiental, la política Nacional de Sociedad y Economía basadas en el Conocimiento, 2017-2030; el reglamentos de Biocombustibles líquidos y sus mezclas, Decreto Ejecutivo No. 40050- MINAE-MAG, para la investigación y la generación del conocimiento (Hodson de Jaramillo et al., 2019), son una pequeña muestra del potencial legal que acompaña un posible desarrollo bioeconómico.

El objetivo de la construcción del marco referencial de legislación vinculante, se centró en determinar a través de una evaluación de políticas, si existe un beneficio real en el desarrollo de negocios agropecuarios más sostenibles, o si, por el contrario, estas políticas obstaculizan las actividades económicas que buscan adecuarse a técnicas productivas más sostenibles y de apoyo a la bioeconomía.

8.3 NAMA Ganadería

La estrategia de Costa Rica con la cual se ha abordado un enfoque de adaptabilidad un modelo de ganadería sostenible, ha sido a través del programa de NAMA ganadería, el cual, desarrollando acciones de sostenibilidad, ha perseguido el objetivo de fomentar técnicas de producción más eficientes, de menor impacto ambiental y que a su vez permitan la circularidad del sistema ganadero, procurando concertar mayores rendimientos productivos que generen fincas más competitivas.

Debido a su importancia, se utilizó el marco referencial de NAMA ganadería en el país para abordar los criterios definidos como bioeconomía expuestos en esta investigación y aplicarlos al sector ganadero. Es mediante este programa que se han recolectado los datos

referentes a mano de obra, maquinaria y equipos, terreno, animales, alimentación, infraestructura, salud, entre otras, de un total 65 fincas con las que se cuenta de ocho mediciones realizadas semestralmente (2-2015, 2-2016, 2-2017, 2-2018) y ubicadas específicamente en las regiones Huetar Atlántico, Huetar Norte, Pacífico Central, Brunca y la región Chorotega. Estos datos, son la base para responder la hipótesis planteada sobre la productividad de los sistemas ganaderos y su relación con la bioeconomía.

Promover técnicas para mejorar el sector ganadero en Costa Rica, es vital para asegurar el mantenimiento de la actividad, considerando que esta implica generación de empleo, reactivaciones de las economías locales y proporciona al consumidor productos cárnicos y derivados lácteos (MAG, 2015), no obstante a pesar del beneficio económico y social de la actividad ganadera, existen implicaciones negativas para el medio ambiente, como lo son las emisiones de GEI, generándose un estimado aproximado de 23% de las emisiones totales del país, sin embargo, son las fincas las mismas herramientas para hacer el secuestro de carbono (Chacón et al., 2015).

Todas estas consideraciones, aunadas con la necesidad de adaptabilidad al cambio climático, fueron las impulsoras para dar pie a las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriada en el sector de la ganadería, el cual a su vez, se ha convertido en uno de los insumos de la Estrategia Nacional de Ganadería Baja en Carbono(MAG, 2015), que busca alcanzar una transformación de la producción, hacia modelos competitivos y ecológicos, de vanguardia y adaptados a los imprevistos del cambio climático, lo que genere una actividad sostenible económicamente y desde la óptica social (Chacón et al., 2015).

Técnicas de producción validadas, paquetes tecnológicos para ganadería inteligente y metas realistas, es lo que busca el programa de NAMA Ganadería. Gestiones como el aumento de la cobertura boscosa y en el uso de pastos mejorados, son acciones que se pueden potenciar aún más de la mano de políticas bioeconómicas que den un énfasis especial a las aplicaciones de la biotecnología y los usos de la biomasa (MAG, 2015). Todos estos marcos referenciales, más allá de sentar el estado actual de la evolución bioeconómica y la legislación vinculante con modelos de ganadería sostenible, permiten generar la base teórica que fundamente la elaboración de los indicadores bioeconómicos propuestos en el objetivo dos de la investigación.

8.4 Análisis de componentes principales y teoría de datos de panel

Para la comprobación de la hipótesis expuesta, se partió inicialmente de un análisis de componentes principales (ACP) de la información recopilada para el programa NAMA ganadería, y una generación de modelos econométricos de acuerdo a los resultados de los principales componentes. Ambas técnicas permiten hacer uso de herramientas matemáticas y estadísticas que dan pie a la estimación de relaciones entre sujetos de estudio (Gujarati & Porter, 2010).

Por lo tanto, para alcanzar de manera satisfactoria el objetivo específico dos, se realizó una homologación de la base de datos obtenida de la Corporación de Fomento Ganadero, con la finalidad de ser compatible con la codificación necesaria para la creación de componentes principales en el software R, en cada una de las categorías que se evalúan, entendiendo que los ACP, son una herramienta que describe en función de varianza, un conjunto de datos a través de nuevas variables las cuales no están correlacionadas (Betancourt & Ibrahim, 2005), y dan paso a una modelación más certera necesaria para alcanzar el objetivo tres.

Las nuevas variables que se obtuvieron del ACP, dieron acceso a ponderar los pesos que cada componente principal adquirió dentro del total de componentes de la categoría analizada, por lo que, metodológicamente la creación de indicadores se realizó en función de esta estimación. Se generaron como resultado un total de 14 indicadores, compuestos por múltiples subindicadores, que a su vez explican una gran cantidad de variables mostrada de forma reducida con respecto a la dimensionalidad del conjunto de datos.

A partir de la construcción de los ACP, de forma complementaria se presentaron gráficamente los nuevos ejes artificiales construidos para cada categoría de variables, los cuales se encargaron de detallar la dispersión de las respuestas en cada una de las categorías, con el fin de dar a comprender, como grandes porcentajes de varianza acumulada se explican en pocas dimensiones o componentes. Estos gráficos, se presentaron de forma bidimensional ya que únicamente se observan los dos componentes que abarcan la mayor proporción de variabilidad comprendidos en el correspondiente eje X y Y (Gurrea, 2000).

El análisis grafico de los ACP, se fundamenta en los resultados obtenidos correspondientes a los valores únicos (eigen values) y a los vectores proporcionados para cada dimensión, ya

que estos valores, representan la magnitud de rotación que adquieren los vectores con el desplazamiento hacia los nuevos ejes artificiales, lo que implica que, con una mayor rotación, más elevado el valor único y mayor cantidad de dispersión (Gurrea, 2000).

En el caso del modelo construido para esta investigación, se hizo uso de los componentes principales más importantes obtenidos del apartado anterior para construir la propuesta de productividad, como un medio metodológico que permite no afectar en gran magnitud los grados de libertad, en comparación de si hubieran sido creado con los datos originales, lo cual podría haber afectado la significancia de los parámetros.

Especificamente para el objetivo tres, se trabajó directamente con datos de panel, los cuales surgen de la observación de una misma sección cruzada o corte transversal de N individuos a lo largo del tiempo. Este arreglo permite obtener datos específicos de cada una de las variables observadas, para cada uno de los individuos en cada uno de los momentos dados (Gujarati & Porter, 2010).

Los modelos de datos de panel se muestran de manera teórica de la siguiente forma:

$$Y_{it} = \beta_{0i} + \beta X_{it} + W_{it} \quad (1)$$

donde:

Y_{it} = Variable dependiente

β_0 = Intercepto del modelo

X = Variable explicativa del modelo

$i = 1, 2, \dots, N$ (sujetos de estudio)

t = periodos de tiempo

W_{it} = Error estándar ($\mu=0$) compuesto por el error de los sujetos (ε) y el error del modelo (U_{it})

Varianza constante

En los paneles se debe identificar si los datos se apegan a una elevada cantidad de sujetos observados con una menor cantidad de observaciones temporales continuas para cada uno de estos, si, por el contrario, se trata de pocos individuos con una mayor cantidad de observaciones durante el tiempo de manera de continua. El primer de estos casos hace referencia a micropaneles, mientras que si los datos, son alusivos a información de países, regiones o de gran escala, se trata de macropaneles (Gujarati & Porter, 2010).

Como se menciona previamente, la característica de brindar un seguimiento en el tiempo a cada uno de los sujetos, da la posibilidad de realizar diferentes interpretaciones de las dinámicas que acompañan a los actores sujetos de estudio, complementado con la característica que permite disminuir los sesgos que se obtienen en las series de tiempo por factores no observables o efectos latentes que alteran el comportamiento expresado únicamente en las observaciones continuas repetitivas (Gujarati & Porter, 2010).

Por otra parte, la simbiosis entre la temporalidad y los individuos, dan paso en el análisis a contar con mayor cantidad de grados de libertad, disminuir la multicolinealidad y explicar fenómenos de características más complejas, como los son los cambios productivos debido a mejoras tecnológicas, o la sustitución de factores de producción por insumos más eficientes (Gujarati & Porter, 2010).

Problemas en los modelos de panel

El levantamiento de información para la creación de paneles, está sujeto a la volatilidad de los individuos observados, por lo que cuando se da un retiro por parte de los sujetos y no es posible continuar el seguimiento de la información, se cae en una situación de paneles incompletos, lo que conlleva a caer en paneles artificiales o cohortes⁴ (Morera-Brieva et al., 2019), no obstante, para esta investigación, se excluyen las muestras incompletas y se trabaja exclusivamente con paneles equilibrados.

Los paneles no aleatorios y desequilibrados son afectaciones en los que pueden caer los datos, lo que desencadena resultados no representativos y datos no coincidentes con la totalidad de observaciones correspondientes, al tener un número diferentes de observaciones para cada uno de las variables.

Las enfermedades típicas de los modelos de panel, se asocian a la heterocedasticidad y autocorrelación, siendo la medida compensatoria la utilización de mínimos cuadrados generalizados (MCG) (Gujarati & Porter, 2010).

⁴ Los paneles cohortes se realizan cuando el investigador debe utilizar observaciones de individuos con características muy similares y no únicamente de un mismo sujeto.

La heterocedasticidad se da cuando no hay constancia en los errores de los datos del modelo, esto con respecto a la variable independiente y las variables explicativas, la cual se presenta únicamente en datos de efectos fijos (Morera-Brieva et al., 2019).

La autocorrelación se identifica cuando hay presencia de correlación entre los errores de periodos u observaciones de forma consistente y no aleatoria (Morera-Brieva et al., 2019).

La autocorrelación se puede determinar a través de la prueba F, la cual determina:

H_0 : *No existe autocorrelación*

H_1 : *Existe autocorrelación*

Otro método para determinar la presencia de autocorrelación en el modelo, es a través de la prueba de Durbin Watson.

H_0 : *los errores no están correlacionados*

H_1 : *Existe autocorrelación en los errores*

IX. CAPITULO 1. ENTORNO DE LA BIOECONOMÍA

9.1 Enfoque académico de la bioeconomía

Al profundizar en el análisis del desarrollo sostenible, múltiples autores concuerdan en que este accionar es el medio más acertado a través del cual se logra el desarrollo de características productivas en todos los ámbitos del ser humano.

En 1987, la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, publicó su informe “Our Common Future” donde introdujo el concepto del desarrollo sostenible, el cual mostró la relación de los seres humanos con el medio ambiente y la responsabilidad que tienen las actuales generaciones en mantener los recursos para los futuros descendientes (Nițescu & Murgu, 2020).

Ramírez-Villar, (2016) apoya este concepto argumentando que, a través del enfoque de la sostenibilidad, se puede alcanzar una mejoría en la calidad de vida, ya que los límites de esta, trascienden el bienestar y construyen una relación de respeto por las demás formas de vida. Por su parte, Marqués, (2016) en una forma más específica, resalta como la actual relación entre humano y biodiversidad están resultando en un deterioro de los recursos, ya que por muchos años, la sostenibilidad pasó desapercibida y puso en riesgo la existencia de todos los seres.

Este rol protagónico que ha tomado el desarrollo sostenible se ha visto especialmente reflejado como un eje central en las políticas públicas para hacer frente a problemáticas económicas, ambientales y sociales. Marqués, (2016) sitúa que el origen de la problemática entre el ser humano y la naturaleza, se basa en una relación de irrespeto, la cual, únicamente se va a ver solucionada ante un cambio “civilizatorio sostenido en un enfoque inclusivo”, lo cual se traduce en que la relación humano-biodiversidad no debe ser excluyente, y los desafíos actuales son parte de la naturaleza y la cultura social.

Pirlogea, (2011) concuerda con estos autores, y realiza su análisis mostrando el valor que ha tomado este tema en las últimas décadas, evidenciando que uno de los pilares fundamentales para alcanzar un sistema sostenible, debe ser la sustitución de las fuentes de energía convencionales, dando paso hacia bioenergías y su generación a partir de biomasas.

Un ejemplo de esta sustitución lo da Ferreira et al., (2018) que profundiza en la bioenergía, y plantea el aprovechamiento de las microalgas presentes en las aguas residuales, como una medida de bajo costo y tratamiento sostenible capaz de producir biomasa para generación de bioenergía, alimentación animal o fertilizantes. Todas estas investigaciones surgen por las indudables repercusiones que el cambio climático, la limitada cantidad de combustibles fósiles y el constante aumento en la demanda energética, están generando a una velocidad que no parece detenerse con el paso del tiempo.

Para el sector agropecuario, López-Vigoa et al., (2017), Pedraza Olivera et al., (2015) y Reis, (2017) coinciden en que la combinación entre el deterioro ambiental y la baja eficiencia – rentabilidad, se da debido a causas como la baja diversidad de especies, la transformación de los ecosistemas, la baja integración agrícola y forestal con especies pecuarias, y la falta de herramientas de planificación y control, lo que ha obligado a los productores a buscar soluciones sostenibles que maximicen económicamente sus sistemas, pero que mantengan el equilibrio natural con el entorno.

Cada productor, a pesar de perseguir el mismo objetivo global de sostenibilidad, debe ser tratado como un actor independiente, para el cual, su producción debe estar sujeta a objetivos propios, por lo tanto, la necesidad de integrar factores personalizados de sostenibilidad, económicos, ambientales y técnicos, es un requerimiento vital para las decisiones administrativas de cada finca.

Alves-Pinto et al., (2013) expresan que estos requerimientos deben estar sujetos a mecanismos de cambio, y se debe dar una redefinición de la sostenibilidad dentro de la cadena de valor en el sector ganadero, con miras de “elevar la barrera del conocimiento” y generar un punto de partida aspiracional para los demás sistemas.

Kemp et al., (2018) lleva esta necesidad más allá, y propone ejercicios específicos de sostenibilidad para el sector pecuario, ejemplificando acciones como la capacidad de determinación de tasas de almacenamiento sostenibles, que permitan rehabilitar y mantener los pastos en el estado óptimo, lo que gradualmente va a desencadenar también la optimización de la producción animal.

Pachoud et al., (2020) fortalece las ideas expuestas anteriormente mediante la importancia de los servicios eco sistémicos dentro del marco de la sostenibilidad, agregando que acciones como el mantenimiento de alta biodiversidad a través de la preservación de hábitats, el incremento del turismo ecológico, la promoción del bienestar animal, el control de la invasión de arbustos en los pastos y la contribución a la mitigación del cambio climático, son acciones que encarrilan a la actividad agropecuaria, a alcanzar el objetivo de sostenibilidad.

Como lo demuestran Kemp et al., (2018) y Pachoud et al., (2020), es necesario fortalecer el vínculo entre la ganadería con el desarrollo sostenible y la sostenibilidad, no obstante, estos conceptos no son únicamente un factor de mejora de producción. Zayas et al., (2013) y Hafla et al., (2013), muestra una visión más global, en la cual estos cambios son parte de un engranaje mayor, el cual a través de las prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles, dan paso a la protección de los ecosistemas marinos y terrestres, sumado a la responsabilidad de garantizar la seguridad alimentaria para los humanos.

El enfoque de Zayas et al., (2013), muestra diversos indicadores de sostenibilidad para mostrar la diversidad de áreas en las cuales, la actividad agrícola y ganadera tiene potencial para ser puesta a prueba hacia un nuevo sistema de circularidad y auto regeneración.

Algunos indicadores que Zayas et al., (2013) expone son relacionados al balance energético a través de uso de fuentes biológicas, así como una explotación integral de la biomasa que las mismas fincas generan. Residuos de deshierbe, utilización de estiércol para transformación en productos valorizables, despoblación vegetal y reforestación, son solos algunos ejemplos del norte al que se deben dirigir los nuevos modelos de ganadería.

Esta metodología de indicadores, ha sido ampliamente estudiada por diferentes autores, Salomão et al., (2020), justifica la necesidad de ahondar en estas direcciones, dada la necesidad de mantener a los productores agrícolas y ganaderos en el campo, no solo por mantener el valor del relevo generacional en la actividad, sino para conciliar la producción con la conservación, como medida estratégica para mantener estas actividades productivas de forma rentable en el tiempo.

Por lo tanto, de los análisis previos de sostenibilidad y sector agropecuario, se fundamenta la generación de las bases teóricas para evolucionar hacia los modelos de ganadería sostenible,

inteligente y rentable, la cual no solo provea bienestar a los actores involucrados, sino a todas las personas que disfrutan el valor de los recursos naturales. El tema de la sostenibilidad en los sistemas productivos, no es una investigación reciente, Ferrán & Sánchez, (1997), desde hace más de dos décadas, ya tocaban el tema de la ganadería sostenible, en la cual, realizan críticas a los sistemas intensivos y como estos a través de los purines tienen un impacto tan importante el medio ambiente, lo que se vuelve complementario a toda la información que los autores anteriores exponen.

Esta relación entre ganadería y sostenibilidad, la ha englobado un único concepto al cual se le ha dado una importancia reciente durante los últimos años. Maciejczak & Hofreiter, (2015) explican como la bioeconomía ha venido a tomar el lugar para responder a las problemáticas mundiales, y a interceder entre los sistemas productivos y el medio ambiente a través de la generación de valor de los insumos biológicos manteniendo como eje central, la sostenibilidad de los sistemas.

La razón del por qué se le ha un dado una atención especial a esto, es debido a preocupaciones mundiales. El esperado aumento de la demanda de alimentos de origen animal (60% - 100% en aproximadamente 30 años), la inestabilidad climática o el aumento demográfico López-Vigoa et al., (2017), son temas en los que los gobiernos se han venido preparando, a sabiendas de que no pueden ser resueltos con los sistemas productivos actuales del sector primario.

Twardowski et al., (2017) profundiza en la importancia de la bioeconomía como la herramienta clave que necesita todos los elementos de la naturaleza a su disposición para asegurar un modelo exitoso. En el sector agropecuario, la bioeconomía a través del potencial de generación de biomasa se considera como una alternativa importante para ser implementada como fuente de energía, no obstante, va a estar sujeta a una disponibilidad de tierra, que debe obtenerse de mayor eficiencia y mejores rendimientos en la producción agrícola y ganadera (Gerssen-Gondelach et al., 2015).

Actualmente, muchos gobiernos, ya han hecho uso de la bioeconomía para empezar a generar sus propias bases teóricas y resolver sus propias contrariedades Nicolae et al., (2015), sin embargo, el estigma que persigue a temas específicos dentro de la biotecnología, son

limitantes sociales que se deben abordar desde un cambio en la mentalidad de las sociedades en miras de ser resilientes y competitivos en un mundo cada vez más globalizado (Twardowski et al., 2017).

Expresamente, Schmid et al., (2012) incita en que cualquier bioeconomía, debe hacer uso de investigación socioeconómica, la cual pueda informar estrategias y planes para concientizar a la población hacia los objetivos de la sostenibilidad. La bioeconomía necesita una amplia articulación, desde la investigación hasta los mercados, por lo que, invertir en el recurso humano y capacitarlo para esto, es el primer paso para garantizar que las bases del modelo sean sólidas especialmente en países donde el sector primario y el área rural es una mayoría (Robert et al., 2020).

El-Chichakli et al., (2016) fortalece el análisis de Robert et al., (2020) y enumera cinco puntos clave para una bioeconomía optima, donde define: (i) colaboración internacional para compartir el conocimiento generado, (ii) herramientas para el medir el desarrollo, (iii) elaboración de procesos multilaterales que involucren a variados actores, (iv) homogenización de definiciones a nivel mundial y (v) elaboración de programas de apoyo a la investigación y a la innovación; lo que resume de forma general un proceso bioeconómico articulado, el cual va a tener sus fortalezas y debilidades de acuerdo a sus propios sistemas productivos.

De manera complementaria, la bioeconomía a pesar de ser un enfoque holístico, no está sola, trae consigo relaciones estrechas con otros conceptos, como la economía circular, la economía verde o la eco-economía. Grigoryan & Borodavkina, (2017) y Sadhukhan et al.,(2020) profundizan en la economía circular, mostrando que tiene una operacionabilidad similar a los ecosistemas, ya que se caracteriza por la ausencia o generación muy baja de residuos, ya que estos son materias primas para otros propósitos.

Kleinschmit et al., (2014) se inclina por la economía verde, la cual, en inicio es un concepto aún más grande, que delimita los alcances de la misma bioeconomía, definiéndose ella como “un mejor resultado para el bienestar humano y la equidad social, al tiempo que reduce significativamente los riesgos ambientales y la escases ecológica” Kleinschmit et al., (2014).

Kitchen & Marsden, (2011) muestran los alcances de la económica ecológica, o eco-economía, la cual fundamenta sus principios en redes de negocios viables y actividades económicas que toman partida de forma diferenciada de los recursos naturales de las áreas rurales bajo el principio de sostenibilidad, lo que asegura que no se el agotamiento neto de los recursos.

A pesar de que los cuatro autores, analizan conceptos diferentes, todos parten del principio en común de la sostenibilidad, volviéndose relaciones muy cercanas y en muchos casos, siendo sinónimos entre una y otra, por lo tanto, aplicarlos al sector ganadero, o cualquier otro sector productivo, va a asegurar la continuidad del mismo, y las mejoras en eficiencia y productividad, van a aseverar la rentabilidad.

En el otro extremo, cualquier transición para adoptar la bioeconomía, economía circular, u otro enfoque, tiene implicaciones negativas importantes en aquellos países con gran dependencia de los combustibles fósiles, y puede desencadenar el empobrecimiento de muchas personas por el desempleo, radicando ahí la importancia del proceso de una transición lenta, y los compromisos por parte de los diferentes actores (Grigoryan & Borodavkina, 2017).

Haddad et al.,(2019) y Nîtescu & Murgu, (2020) coinciden en que convertir las economías a sistemas cada vez más bio económicos, va a permitir que otras industrias sean cada vez más competitivas, y la generación de investigación y desarrollo para bioproductos, se convierta en nuevas fuentes de empleo como redes de alto valor agregado.

Esto debe ir de la mano con la creación y formulación de marcos legales vinculantes que apoyen el sistema de manera holística, ya que, al contar con las bases teorías para un modelo de ganadería sostenible y una legislación que comprometa el desarrollo de biotecnologías, bioenergías o biomasa, va a entorpecer la sostenibilidad de cualquier sistema productivo (Maciejczak, 2015).

Por lo tanto, la bioeconomía como modelo de desarrollo sostenible para la ganadería, necesita no solo comprender el significado de la sostenibilidad, sino que debe aceptar el cambio hacia la filosofía de la bioeconomía, y adoptar las herramientas que a través de la biotecnología se puedan generar para beneficiar el sector. De acuerdo a Rosegrant et al., (2013), esto no va a

ser posible, si la legislación que debe promover este nuevo modelo, no se actualiza y evoluciona para permitir su funcionamiento.

La bioeconomía, a través del desarrollo rural, va a tener un impacto beneficioso en todos los sectores económicos, por tanto, orientar estrategias de mejora productiva y hacer uso inteligente de los recursos, va a generar un efecto de resurgimiento del campo, convirtiéndose en una fuente de ingresos y empleo adaptada a las necesidades de producción (Bele et al., 2018).

Aunque los autores desarrollan los análisis desde diversas perspectivas, todos parten directa o indirectamente del factor en común de versatilidad de la bioeconomía, por lo que, permite a los sistemas económicos explorar la posibilidad de sacar el máximo provecho en los campos productivos en los que tiene mayor experiencia y cantidad de recursos.

Tomando en consideración que la explotación de investigación bioeconómica se ha dado mayormente en las últimas dos décadas, y la velocidad de adaptación de los países a los nuevos modelos, esto muestra que no se trata de una tendencia económica, sino que verdaderamente los sistemas están evolucionado y están buscando transformar los sistemas productivos de un sistema lineal, hacia una circularidad que no solo asegure la sostenibilidad, sino también la seguridad, autosuficiencia y capacidad de resiliencia a nuevas problemáticas.

9.2 Análisis de estrategias y conceptos de bioeconomía

Los diferentes acercamientos a los modelos bioeconómicos son una herramienta clave para identificar aquellos factores de éxito y mejora a nivel mundial, cuando se tiene en la mira aplicarlos a la creación de un nuevo modelo bioeconómico.

El tema legislativo se vuelve uno de los factores más complejos de analizar, ya que la transición hacia la bioeconomía, implica la creación de nuevas leyes y la reforma del marco jurídico sobre el cual se basan todas las actividades del país. Este proceso de reestructuración, debe asegurar el funcionamiento satisfactorio de las nuevas oportunidades que trae consigo la bioeconomía, y fomentar el engranaje de las relaciones entre industria, academia y gobierno como una unidad que se complementa más allá de ser actores independientes.

Por lo tanto, el siguiente análisis, permite mostrar los enfoques bioeconómicos de diferentes naciones, su entendimiento del concepto de la bioeconomía, y los motivos que los llevaron a pensar en dejar de lado la economía basada en hidrocarburos y potenciar sus recursos biológicos como medio de evolución económica.

La metodología detrás de cada una de las estrategias analizadas, permite mostrar las áreas en las cuales se enfocan los gobiernos y, por lo tanto, resaltar la legislación con potencial de desarrollo bioeconómico, así como preparar las bases teóricas para analizar las leyes costarricenses con enfoques similares y la capacidad de ser el marco regulatorio para un sistema bioeconómico ganadero sostenible.

Dadas las grandes diferencias productivas y los diferentes acercamientos que se le dan a la bioeconomía y al concepto, el cuadro 5 muestra una serie de países que han desarrollado acercamientos holísticos bioeconómicos y los principales gestores detrás de estos proyectos

Cuadro 5. Estrategias Nacionales de Bioeconomía según país – acercamiento Holístico

País	Estrategia de bioeconomía	Autores
Austria	Bioeconomy. A strategy for Austria	Federal Ministry Republic of Austria
Belgica	Bioeconomy in Flanders – The vision and Strategy of the Government of Flanders for a sustainable and competitive bioeconomy in 2030	Flemish Government
Francia	A Bioeconomic Strategy for France – Goals, Issues and Forward vision	French Republic
Alemania	National Policy Strategy on Bioeconomy	Federal Ministry of Food and Agriculture
	Bioeconomy – Baden Wurtenberg´s path towards a sustainable future	Federal State of Baden-Wurtenberg with Federal Association BIOPRO
	National research strategy bioeconomy 2030	Federal Ministry of Education and Research
Irlanda	Towards 2030 – Teagasc´s Role in Transforming Ireland´s Agri-Food Sector and the Wider Bioeconomy	Teagasc- The agriculture and Food Development Authority (Intersectorial)
Italia	BIT- Bioeconomy in Italy: a unique opportunity to reconnect the economy, society and the environment	Government of Italy
España	The Spanis Bioeconomy Strategy - 2030 Horizon	Ministry of Economy and Competitiveness
Finlandia	The Finnish Bioeconomy Strategy	Interministerial Document
Noruega	Familiar Resources – undream of possibilities – The Government´s Bioeconomy Strategy	Interministerial Document
Suecia	Swedish Research and Innovation Strategy for a Bio-Based Economy	The Swedish Research Council for Enviroment, Agricultural Sciences and Spatial Planning (commissioned by the Swedish Government)
Sur Africa	The Bio – Economy Strategy	Department of Science and Technology
EEUU	National Bioeconomy Blueprint	The White House
Malasia	Bioeconomy Transformation Programme	Ministry of Science, Technology and Innovation (Commissioner)

Fuente. Elaboración propia con datos de BioStep, (2020) y Dietz et al., (2018)

Otras estrategias de desarrollo bioeconómico importantes, han sido de carácter transnacional en donde el enfoque bioeconómico ha sido con miras de beneficiar una región bajo un mismo modelo. Ejemplo de esto han sido las estrategias de la Unión europea como por ejemplo “La Ruta hacia una bioeconomía basada en el conocimiento” del 2007, o el “Reglamento del Consejo sobre la Empresa Común para las Bioindustrias” del 2013. Por su parte, la OECD también propuso “La Bioeconomía al 2030” en el año 2009 (BioStep, 2020).

9.2.1 Análisis bioeconómico Austriaco

El desarrollo de la estrategia nacional de bioeconomía para Austria, se presentó de manera oficial en el año 2019, con la misión de lograr un sistema económico que permita reconciliar el campo tecnológico con la ecología, obteniendo de la simbiosis una respuesta a los requerimientos económicos y de investigación del país (Federal Ministry Republic of Austria, 2019).

Temas como la descarbonización y la sustitución de materias primas fósiles en la vida cotidiana son estratégicos si se quiere lograr dicho objetivo, por lo que, para asegurar este cometido, la estrategia se dirige en tres niveles (Federal Ministry Republic of Austria, 2019).

Estos son:

- Aumentar la eficiencia en todos los niveles de la cadena de valor
- Explotar todas las fuentes de materiales renovables, desde el uso de residuos hasta nuevas materias primas como las algas.
- Resaltar las oportunidades para reemplazar el uso de fósiles con recursos biológicos

La visión de esta estrategia define la bioeconomía como “un concepto económico que tiene como objetivo reemplazar los recursos fósiles con materias primas renovables en tantas áreas y aplicaciones como sea posible, cubriendo todos los sectores económicos e industriales” (Federal Ministry Republic of Austria, 2019).

Su desarrollo metodológico se fundamenta la definición de seis objetivos estratégicos, los cuales son desgranados en acciones prioritarias definidas por expertos en el campo bioeconómico.

Los objetivos estratégicos son los siguientes:

- Promover la transformación social sostenible
- Crear y asegurar empleos
- Promover el desarrollo económico
- Lograr metas climáticas
- Reducir la dependencia de materias primas no renovables
- Promover la innovación

9.2.2 Análisis bioeconómico Belga

El acercamiento bioeconómico belga, se ha dado como un punto inicial para hacer frente a los retos mundiales que todas las naciones han decidido enfrentar a través de la bioeconomía. Temas como el cambio climático o la sustitución de combustibles han sido las bases para crear tres grandes objetivos propuestos a ser alcanzados para el año 2030 (Flemish Government, 2014). Estos objetivos son:

- Ser uno de los países más competitivos en toda Europa en términos bioeconómicos
- Ser un pionero en términos de investigación e innovación bioeconómica para la región europea
- Lograr crear una de las bioeconomías más sostenibles de todo el continente.

La definición que establece la estrategia es que esta “incluye la producción de recursos renovables, los residuos para ser utilizados y procesados en productos de valor agregado como alimentos, concentrados animales, bioproductos y bioenergía” (Flemish Government, 2014).

El método de la cual se ha valido el Gobierno Belga para lograr estos tres objetivos, ha sido a través de la definición de cinco objetivos estratégicos fundamentales, los cuales se han definido como:

- El desarrollo de una política coherente que apoye y facilite el desarrollo sostenible de la bioeconomía
- Posicionar un sistema de educación, entrenamiento, investigación e innovación orientado a los encadenamientos bioeconómicos.
- La producción de biomasa es óptima, sostenible y utilizada a través de toda la cadena de valor

- Fortalecimiento de Mercados y aumento en la competitividad para los sectores bioeconómicos.
- Convertirse en un socio clave dentro de las empresas conjuntas europeas y a nivel internacional.

9.2.3 Análisis bioeconómico Francés

La relación francesa con la bioeconomía se fundamenta en la mentalidad de cambio que diferentes países alrededor del mundo han tomado, como respuesta ante los retos ambientales que el mundo ha enfrentado en las últimas décadas. El cambio climático, el crecimiento poblacional, la búsqueda de mejoras en la productividad agrícola son solo el inicio de un número creciente de desafíos que se buscan sobrellevar a través de la transición hacia modelos bioeconómicos (República Francesa, 2018).

En el caso de la Estrategia de Bioeconomía para Francia, esta define que “la bioeconomía abarca toda la gama de actividades vinculadas a la producción, uso y procesamiento de recursos biológicos, con el propósito de brindar respuestas sostenibles a la necesidad de alimento, materias primas y energía, en armonía con los ecosistemas” (República Francesa, 2018).

El apoyo hacia esta transición en el modelo francés, no solo busca responder a estos retos, sino que se enfoca en garantizar la seguridad alimentaria y estándares aceptables en el nivel de vida los ciudadanos a través de la preservación de los recursos naturales y los ecosistemas (República Francesa, 2018).

Persigue fervientemente la circularidad de la producción, la eficiencia y la resiliencia hacia el largo plazo, contemplando el valor del ciudadano como un factor de desarrollo económico y generación de empleo (República Francesa, 2018).

Finalmente, tener la posibilidad de brindar soluciones a las diversas necesidades del ser humano a través de la innovación, es parte de las razones que mueven el aparato gubernamental hacia la adopción de este sistema (República Francesa, 2018).

Por lo que, la estrategia que desarrolla Francia como método para alcanzar todas estas metas, es a través de cuatro grandes proyectos transversales

- Unidad. Eliminar la compartmentalización y reconstruir un acercamiento holístico
- Brindar apoyo a todos los actores comprometidos con la transición bioeconómica
- Identificar, organizar y promover niveles regionales (jerarquía regional)
- Cuantificar, analizar y mejorar la aplicación de la bioeconomía (mejora continua)

9.2.4 Análisis bioeconómico Alemán

Los principales documentos referentes al tema bioeconómico en Alemania son: “La Estrategia Nacional de Investigación en Bioeconomía 2030” y la “Estrategia de Política Nacional en Bioeconomía”.

En el caso de la estrategia de investigación, esta se enfoca en redoblar esfuerzos en el uso eficiente de los recursos biológicos, de modo que se dé una visión de la bioeconomía sostenible para el año 2030, la cual esté en capacidad de producir alimentos y energía de fuentes renovables (Federal Ministry of Education and Research, 2015).

En el caso de la estrategia de política nacional, además de ser un complemento de la estrategia anterior, se encarga de dar una respuesta a los principales retos del siglo 21, y su adopción busca brindar una solución al tema de seguridad alimentaria, el crecimiento poblacional, el cambio climático y la pérdida de fertilidad en los suelos y en la biodiversidad (Federal Ministry of Food and Agriculture, 2014)

Esta política confirma la versatilidad que el concepto puede tomar, y define que: “la bioeconomía toma los ciclos naturales de los materiales como su punto de orientación, abarcando los sectores de la economía que producen y procesan con recursos renovables” (Federal Ministry of Food and Agriculture, 2014).

Los objetivos estratégicos son el método de definición de esta estrategia, en donde se enfocan principalmente en las áreas de aseguramiento de suministros, cambio estructural, competitividad y protección al medio ambiente (Federal Ministry of Food and Agriculture, 2014).

Alcanzar estos objetivos, se busca a través de una serie de principios claves. Algunos puntos vitales que la estrategia define son:

- La seguridad alimentaria es prioritaria sobre la producción de materias primas para la industria y la energía a nivel internacional
- Las cadenas de valor con mayor potencial de valor agregado tienen preferencia en la estructuración de las condiciones del marco de la bioeconomía
- La utilización combinada y en sistema de cascada de la biomasa debe utilizarse siempre que sea posible de manera inteligente
- La bioeconomía debe satisfacer los requisitos más desafiantes de la sociedad, en términos de la forma en que se producen los bienes.
- La utilización de estándares de sostenibilidad en países productores de bienes y servicios, especialmente en aquellos con liderazgo gubernamental débil, deben ser ampliamente verificados

Sobre estos principios, la estrategia desarrolla enfoques estratégicos en tres áreas de acción intersectorial y cinco áreas temáticas de acción.

Las áreas intersectoriales son:

- Un marco político coherente para la bioeconomía sostenible
- Información y dialogo constante con la sociedad
- Entrenamiento y aprendizaje vocacional

Las áreas temáticas de acción son:

- Producción sostenible y provisión de recursos renovables
- Aumento de mercados, tecnologías innovadoras y bio productos
- Redes de agregación de valor y procesos
- Competencia entre usos de la tierra
- Contexto internacional

9.2.5 Análisis bioeconómico Irlandés

La estrategia bioeconómica irlandesa, parte de la premisa en común de que los modelos económicos deben evolucionar hacia sistemas sostenibles. Por esta razón, el gobierno, a través de la Autoridad de Desarrollo Agrícola y Alimentario (Teagasc), desarrolló el protocolo para brindarle al país una opción de cambio hacia la bioeconomía (Teagasc, 2008).

Esta estrategia, al igual que las demás, parte de su propio entendimiento sobre el significado de la bioeconomía, para lo cual, construyen sobre la siguiente definición: “La agricultura y la producción de alimentos son ahora parte de una bioeconomía más grande, la cual abarca

todos los sectores que explotan los recursos naturales y los bio procesos, para generar productos, servicios, trabajos e ingresos" (Teagasc, 2008).

Esta transición se fomenta a partir de una serie de factores motivadores de cambio como lo son: las fluctuaciones en el precio de los bienes tranzados en mercados internacionales, el efecto del cambio climático sobre la producción, el abastecimiento energético, la sostenibilidad ambiental, los cambios sociales y demográficos que influyen directamente en los mercados y las tendencias de consumo, así como los avances en ciencia, tecnología e innovación (Teagasc, 2008).

Todos estos motivadores, son los que llevan a la Teagasc a ser el protagonista dentro de la ejecución de la estrategia bioeconómica, con un accionar de intermediario entre socios comerciales irlandeses, europeos y globales con los cuatro pilares fundamentales sobre los que se cimienta la bioeconomía irlandesa (Teagasc, 2008).

El proceso de intermediación de este organismo gubernamental conlleva ser un gestor de los programas de educación, de investigación y consultoría para los actores involucrados (Teagasc, 2008).

Los cuatro pilares del modelo de transferencia de conocimiento para la adopción bioeconómica son:

- La producción Alimentaria y el procesamiento
- Procesos de agregación de valor alimentarios
- Productos y servicios Agroambientales
- Energía y bio procesos

Esta estrategia se desarrolla con miras a objetivos a mediano plazo que le permitan fundar las bases para el éxito futuro. Algunos de los objetivos que establece la Teagasc son: enfocarse en la investigación y en las actividades de transferencia tecnológica, desarrollar sistemas de producción innovadores y sostenibles para las granjas, ser un líder en la provisión de apoyo técnico y científico para productores y el sector industrial alimentario, así como mejorar el desempeño ambiental de la bioeconomía y hacerlo participe de los requerimientos energéticos y de cambio climático (Teagasc, 2008).

9.2.6 Análisis bioeconómico Italiano

El objetivo que mueve a Italia hacia adoptar la bioeconomía como modelo económico se basa en alcanzar un incremento de 20% en la producción para el año 2030, junto con el reto de aumentar el nivel de circularidad en la economía (Italy Government, 2019).

Para esta meta, inicialmente, el gobierno italiano definió la bioeconomía como “la integración de la producción sostenible de los recursos renovables y la transformación de estos, junto con las corrientes de residuos, en productos de valor agregado como alimentos, bio productos y bioenergía” (Italy Government, 2019).

La bioeconomía italiana abarca los sectores de: agricultura, bosque, pesca, producción de alimentos y bebidas, papel, pulpa, industria tabacalera, textil, bio-farmacéutica, bio-química, bio-energética y química verde. Todo este compilando de industrias alcanzaron en el 2015, un valor de 254 mil millones de euros, y se tradujo en una generación de empleo para 1.6 millones de personas (Italy Government, 2019).

Este crecimiento en la eficiencia de todo el engranaje de industrias, se busca a través de la interconexión de los principales sectores bioeconómicos mediante la creación de cadenas de valor cada vez más grandes y orientadas a los sistemas productivos (Italy Government, 2019).

Para alcanzar el objetivo, la estrategia realiza un análisis a profundidad de todos los retos y oportunidades que debe atacar primero en cada uno de los actores involucrados, pero da un énfasis importante en la generación de conciencia pública para resaltar el potencial de la bioeconomía italiana (Italy Government, 2019). Algunos puntos que toca la estrategia son:

- Aumentar la circularidad en la economía
- Cerrar grietas entre el área académica y la investigación con los sectores económicos y las pequeñas empresas
- Apoyar la sincronía en legislación entre la Unión Europea, Italia y diferentes actores
- Asegurarse que la bioeconomía concilie el avance tecnológico sin socavar la conservación del ambiente y la resiliencia de los ecosistemas
- Catalizar el aprendizaje informal, la educación terciaria y la transferencia de conocimiento para apoyar los trabajos en el campo de la bioeconomía

9.2.7 Análisis bioeconómico Español

La adopción de la bioeconomía española surge por la necesidad de mejorar la posición competitiva de los sectores productivos de la nación dentro de un marco de resiliencia europea y sostenibilidad de la economía ante los nuevos retos mundiales (Gobierno de España, 2015).

La bioeconomía en la legislación española se entiende como: “el conjunto de las actividades económicas que obtienen productos y servicios, generando valor económico, utilizando, como elementos fundamentales los recursos de origen biológico, de manera eficiente y sostenible” (Gobierno de España, 2015).

La elaboración de la política bioeconómica española contó con el apoyo inicial y el trabajo conjunto de los ministerios de Economía y competitividad junto con el de agricultura, alimentación y medio ambiente. Esta simbiosis institucional creó un equipo estratégico coordinado por la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación (SEIDI) la cual es la principal responsable de la elaboración de la Estrategia Española de Bioeconomía Horizonte 2030 (Gobierno de España, 2015).

Metodológicamente, el proceso inicial de creación de la estrategia contempló tres etapas. Primeramente, se tomó la opinión de expertos de diversas áreas del sector público y privado para concretar las bases teóricas necesarias. Seguidamente, una recopilación de información primaria mediante formularios a 240 personas seleccionadas, fueron los insumos para la creación de un documento previo, para finalizar con la última etapa de redacción final, la cual alberga diferentes propuestas obtenidas gracias a la consulta pública (Gobierno de España, 2015).

Todo este proceso de construcción, generó una estrategia bioeconómica basada en tres objetivos estratégicos y diez objetivos operativos que permitan la integración de sector público, privado y académico en dialogo permanente con la Unión Europea (Gobierno de España, 2015).

Los objetivos estratégicos del acercamiento bioeconómico Horizonte 2030 son:

- Mejorar la competitividad e internacionalización de las empresas españolas que trabajan en el ámbito de los recursos biológicos, así como generar nuevas actividades económicas a través de la generación de conocimiento que respondan a las demandas del sector productivo y de los consumidores
- Mantener la bioeconómica como parte de la actividad económica y posicionarla como área de innovación basada en conocimiento en el contexto internacional
- Alcanzar todo el potencial que pueda tener la bioeconomía fundamentada en la sostenibilidad social y ambiental como instrumento para resolver problemas y aprovechar las oportunidades de mercado

Dentro de los objetivos operativos de la estrategia, destacan los siguientes:

- Impulsar el desarrollo de la bioeconomía mediante la colaboración permanente entre administración, sector productivo y sociedad
- Facilitar y potenciar la creación de conocimiento científico y su aplicación al mercado y la innovación a través de la creación de base tecnológica
- Facilitar el análisis transversal de los sectores ligados a la bioeconomía para identificar las limitaciones a su expansión
- Facilitar la internacionalización de empresas del área bioeconómica
- Promover el desarrollo económico en el medio rural a través del conocimiento disponible y su aplicación a la mejora de la sostenibilidad
- Creación de nuevos mercados para la revalorización de recursos de origen biológico de forma efectiva

9.2.8 Análisis bioeconómico Finlandés

La búsqueda de construir una sociedad capaz de ser baja en emisiones de carbono y eficiente en sus recursos naturales, son la motivación que han llevado a Finlandia a desarrollar su propia estrategia nacional de bioeconomía (Ministry of Agriculture and Forestry of Finland, 2014).

Es entonces que, a través del potencial ambiental que este país tiene, sumado a la capacidad de generación de conocimiento y su sector industrial, que busca explotar su bioeconomía y llevarla a los 100 mil millones de euros para el año 2025 y generar 100 mil nuevos empleos para los ciudadanos (Ministry of Agriculture and Forestry of Finland, 2014).

La estrategia finlandesa, entiende como bioeconomía a “una economía que se fundamente en recursos naturales renovables para producir alimentos, energía, productos y servicios” todo

esto bajo la independencia de los recursos fósiles, con protección ambiental y crecimiento económico alineado a los principios del desarrollo sostenible (Ministry of Agriculture and Forestry of Finland, 2014).

La manera en que se desarrolló esta estrategia, es basada en un gran objetivo general, entendido como: “Generar crecimiento económico y nuevos empleos a partir del crecimiento de los negocios bioeconómicos y la alta agregación de valor a productos y servicios, sin alterar las condiciones de los ecosistemas” y cuatro objetivos específicos estratégicos (Ministry of Agriculture and Forestry of Finland, 2014).

Los objetivos estratégicos son:

- Un ambiente competitivo y operativo para la bioeconomía
- Generación de nuevos negocios a partir de la bioeconomía
- Una fuerte base teórica bioeconómica
- Accesibilidad y sostenibilidad de las biomasas.

9.2.9 Análisis bioeconómico Noruego

La economía noruega y la relación con el desarrollo de una estrategia bioeconómica, nace del hecho de ser una nación de alto costo, por lo que sus motivaciones a hacia un nuevo modelo se basan en la generación de conocimiento como base para la innovación y la productividad (Norwegian Ministries, 2016).

Lograr adaptar una industria diversificada que puede ser competitiva en situaciones como lo son: un limitado acceso a materias primas, cambios demográficos, reducciones en los precios del aceite y hasta el mismo cambio climático son los principales motivadores de este proceso de cambio (Norwegian Ministries, 2016).

El gobierno noruego, define y entiende como bioeconomía “una producción que es sostenible, eficiente, rentable y un uso de recursos biológicos renovables para alimentación, semillas, productos de salud, energía, materias primas, químicos, papel, textil y otros productos” (Norwegian Ministries, 2016).

El desarrollo de esta estrategia se basa en tres grandes objetivos generales pensados para desencadenar una bioeconomía integral. Estos son:

- Aumentar la agregación de valor y el empleo
- Reducir las emisiones de gas de efecto invernadero
- Mayor uso eficiente y sostenible de recursos.

El cumplimiento de estas metas, se fundamenta en la concentración de esfuerzos en cuatro áreas claves para el desarrollo exitoso de la estrategia, generando dos objetivos específicos en cada una de estas áreas.

Dichas áreas claves son:

- Colaboración entre sectores industriales y académicos
 - Aumento de colaboraciones con y entre las cadenas de valor
 - Aumento de interdisciplinariedad y dialogo con la sociedad
- Mercados para Bio-productos
 - Mejor información referente a los bioproductos
 - Reducir la incertidumbre en los mercados
- Uso eficiente y un procesamiento rentable de los recursos naturales
 - Aumento en el procesamiento de productos de alto retorno económico
 - Aumento en el uso y la reutilización de los recursos naturales
- Producción sostenible y extracción de recursos ambientales renovables
 - Mayor producción, extracción rentable y de forma sostenible
 - Apropiados marcos regulatorios para la producción y extracción sostenible

9.2.10 Análisis bioeconómico Sueco

El gobierno sueco y la adopción hacia los modelos bioeconómicos, se dio como una respuesta ante diferentes retos que fueron identificados como obstáculos para la competitividad global (Swedish Government, 2012).

Dentro de estos desafíos, se destacaron aspectos como la importancia hacia la transición de materias primas de base fósil, hacia nuevos biomateriales, pensando en el futuro de los combustibles y otras industrias como la de los bio plásticos. Por otra parte, la constante necesidad de hacer un uso más inteligente de los materiales y de los productos, fue otro motivo para iniciar la creación de una estrategia propia, esto con la finalidad de explotar de manera eficiente las industrias textiles, de fibras y materiales para la construcción. Otros retos como el cambio en los hábitos de consumo y la

priorización de medias políticas y gubernamentales, terminaron de justificar la necesidad de realizar dicho cambio (Swedish Government, 2012).

Para llevar esto a cabo, y tomando en consideración sus capacidades productivas, el gobierno brinda una definición propia de bioeconomía, sobre la cual se desarrolla la estrategia. Para esto definen: "una economía basada en una producción sostenible de biomasa que permita el crecimiento de los diferentes sectores productivos y que reduzca los efectos climáticos generados por el uso de materias primas de base fósil, así como una alta agregación de valor a los biomateriales que reduzca el consumo energético" (Swedish Government, 2012).

La técnica para desarrollar esta estrategia se basa en planes en corto y largo plazo junto con una colaboración entre el gobierno, el sector privado e investigadores como un prerrequisito inicial básico para la viabilidad de la estrategia (Swedish Government, 2012).

Metodológicamente, la estrategia empleó un análisis de los requerimientos de información de la sociedad y el sector comercial para definir un estado de la cuestión referente a los planes existentes y asegurar el desarrollo correcto de la bioeconomía. Como resultado de esto, los esfuerzos en investigación, desarrollo e innovación se orientaron a tres etapas en la cadena de valor de la biomasa, siendo estas la producción, la refinación y el consumo (Swedish Government, 2012).

9.2.11 Análisis bioeconómico Sudafricano

La estrategia nacional de bioeconomía de la República de Sudáfrica, se llevó a cabo como un siguiente paso luego de que, en el año 2001, el Departamento de Ciencia y Tecnología presentara la Estrategia Nacional de Biotecnología para la nación. No obstante, dicha estrategia mostró inconsistencias y brechas importantes en la cadena de valor de la innovación, ya que el enfoque se dio en generar oportunidades rápidas de retorno de inversión y no en la creación propia de una cadena de valor para productos biotecnológicos (South African Government, 2013).

Esto fue motivo suficiente para que se diera el salto hacia la bioeconomía como un sistema holístico, ya que una vez alcanzado cierto nivel de madurez en el enfoque biotecnológico, se evidencio que no todas las ciencias biológicas pueden estar restringidas únicamente a este campo (South African Government, 2013).

Esta estrategia entiende la bioeconomía como: “las actividades que hacen uso de bioinnovaciones, basadas en recursos biológicos, materiales y procesos que generan desarrollo sostenible económico, social y ambiental” (South African Government, 2013).

Esta estrategia persigue tener influencia en todos los sectores económicos del país, ya que los niveles de vida en esta zona, abarcan todo el espectro de desigualdad posible, desde los más altos estándares de ingreso hasta una escasez de servicios básicos para un sector de la población (South African Government, 2013).

Por lo tanto, el centro de esta estrategia se basa en tener identificados los tres principales sectores que van a tener mayor repercusión en la economía del país y fomentar una serie de planes que promueven el crecimiento de la actividad desde el uso de recursos biológicos (South African Government, 2013).

9.2.12 Análisis bioeconómico Estadounidense

Durante el año 2012, el gobierno estadounidense presentó de manera oficial su estrategia nacional de bioeconomía, siendo esto el resultado de un proceso previo de creciente desarrollo, específicamente en los campos de ingeniería genética, secuenciación de ADN y manipulación de alto rendimiento de biomoléculas (U.S. Government, 2012).

Todo este potencial científico, fue el que movió al gobierno a incluir tópicos bioeconómicos dentro sus presupuestos para investigación y a brindar apoyo a través de programas con miras a generar un crecimiento económico, una mejora en la salud de la población y a generar energías limpias (U.S. Government, 2012).

Esta estrategia explica la bioeconomía como: “una economía basada en el uso de la investigación y la innovación en las ciencias biológicas con el propósito de crear actividades económicas y beneficio público”. Además, que brinda un contexto de como esto se encuentra en todos los campos productivos del país, desde nuevos productos bio farmacéuticos, mejores sistemas de producción agrícola, hasta la reducción del consumo de combustibles fósiles (U.S. Government, 2012).

El desarrollo de este enfoque se basa en 2 secciones principales, siendo la primera de estas un listado de 5 objetivos estratégicos enfocados en generar un sistema de crecimiento

económico que a su vez aborde las necesidades de la sociedad (U.S. Government, 2012).

Estos se describen como:

- Apoyar la inversión en investigación y desarrollo que provea las bases teóricas para el futuro de la bioeconomía estadounidense
- Facilitar la transición de los bio inventos desde los laboratorios hasta los mercados
- Desarrollar y reformas las regulaciones para reducir barreras y aumentar la velocidad de los procesos regulatorios para reducir costos, y proteger las personas y el ambiente
- Actualizar los programas de educación y alinear las instituciones académicas en capacitación para las necesidades de la fuerza laboral nacional
- Identificar y apoyar oportunidades para el desarrollo de alianzas público-privadas y colaboraciones precompetitivas, donde todos los involucrados aprendan del éxito y el fracaso

La segunda sección que compone esta estrategia, es referente a la identificación de elementos claves que pueden potenciar al máximo la bioeconomía estadounidense. El Gobierno, la industria y el público identifican como pilares los siguientes aspectos:

- Investigación y desarrollo básica y aplicada por el gobierno, industria y academia
- Alianzas público-privadas
- Sistemas de apoyo para comercialización de bio productos
- Legislación regulatoria innovadora que refleje el interés gubernamental en la bioeconomía
- Mano de obra calificada y apoyo público para los avances tecnológicos

9.2.13 Análisis bioeconómico Malayo

El Programa de Transformación Bioeconómica (PTB) de la Republica de Malasia, nace en el año 2012 y surge sobre las bases consolidadas de la Política Nacional de Biotecnología, instaurada en el año 2005 y desarrollada por 10 años de manera satisfactoria en la creación del ecosistema necesario para el crecimiento de la industria en este campo (Ministry of Science, Technology and Innovation, 2012).

Este antecedente biotecnológico, le permitió al gobierno construir una estrategia de mayor alcance con el objetivo de engrosar su producto interno bruto en un rango entre 8% - 10% para el año 2020 (Ministry of Science, Technology and Innovation, 2012).

A pesar de que el PTB no establece una definición oficial de bioeconomía, el Primer Ministro de la Nación, Y.A.B Dato'Sri Mohd Najib Bin Tun Haji Abdul Razak, expresa que la bioeconomía se asocia a “la creación de actividades de valor agregado desarrolladas por biotecnología y grandes colaboraciones entre entidades gubernamentales, academia y jugadores de la bioeconomía global, que permitan desarrollar un ecosistema de innovación que amplifique la transformación económica” (Ministry of Science, Technology and Innovation, 2012).

Similar a otras estrategias, la PTB hace uso de la definición de objetivos estratégicos para abordar el programa. Para esto define:

- Mejorar la inclusión hacia una sociedad equitativa
- Mejorar el bienestar de toda la población
- Acelerar el desarrollo del capital humano para una nación avanzada
- Perseguir el crecimiento verde con el fin de ser sostenibles y resilientes
- Fortalecer la infraestructura para apoyar la expansión económica
- Propiciar una reingeniería del crecimiento económico para una mayor prosperidad

También hacen referencia a factores determinantes aceleradores para el desarrollo económico, en donde se le da prioridad al crecimiento de los hogares hacia una clase media, enfoques de crecimiento verde para el fomento de la industria de bioproductos, el acercamiento de la innovación a la salud y desencadenar todo el potencial productivo de las industrias de bioproductos (Ministry of Science, Technology and Innovation, 2012).

9.3 Análisis general de las estrategias país de bioeconomía

En muchas de las estrategias bioeconómicas presentadas, existen múltiples factores en común los cuales son tomados como puntos claves donde la legislación debe ser creada o readecuada para formar parte del modelo bioeconómico.

Temas como el fortalecimiento de mercados, el aumento de la competitividad, el aprovechamiento de la biomasa y la generación de bioenergías son todos prioritarios en los objetivos estratégicos de las políticas, por lo que, deben ser tratados de igual forma en el modelo costarricense, radicando en este factor, la importancia de determinar de manera precisa la legislación vinculante entre el sector agropecuario y la bioeconomía, para identificar si existen áreas donde se entorpece la cadena interinstitucional.

Más allá de profundizar en los aspectos netamente productivos, el aspecto social también debe considerarse un punto vital para el funcionamiento de estos modelos, ya que el valor que tiene la sociedad como consumidora, y la resiliencia que debe adoptar hacia nuevos bio productos, está en la obligación de ser un tópico que se evalúe y regule a través de proyectos, por lo que la legislación en este tema debe ser vital para generar la conciencia de cambio en el costarricense.

Otro factor frecuente que tienen las bioeconomías, trata sobre la preocupación por la inversión en investigación y desarrollo, las alianzas público-privadas y la conexión entre el sector productivo, académico y gubernamental, además del entrenamiento vocacional para la industria bioeconómica, todos temas sensibles dentro de sus modelos, y que deben ser evaluados para un sistema ganadero sostenible, ya que la investigación que genera el sector privado y la academia debe estar abierta en relaciones comerciales con todos los productores, propiciando el beneficio de ambas partes.

Cada uno de estos temas, se vuelve aplicable al sector agrícola y pecuario, por tanto la importancia de estos marcos regulatorios son vitales para iniciar una transformación hacia un modelo sostenible bioeconómico, el cual, en el caso de Costa Rica, tiene la posibilidad de fortalecerse mediante el aprovechamiento de las oportunidades como la amplia biodiversidad del país y su utilización para la generación de conocimiento, la estrategia NAMA ganadería, las relaciones entre sectores para el desarrollo de la biotecnología, así como la adhesión a la

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y el reciente plan nacional de descarbonización, que explota en mayor medida el uso de la biomasa y como resultado fomenta la economía circular.

Continuando el análisis desde una visión total, un gran porcentaje de estrategias bioeconómicas parten de la definición de objetivos estratégicos para iniciar el proceso de cambio, sin embargo, introspectivamente, todos los objetivos se mueven dentro de un sistema homogéneo que busca la misma meta global, lo cual se basa, desde diferentes ángulos, en obtener el máximo provecho de los recursos biológicos que cada país tiene, y reforzar los eslabones en donde el potencial bioeconómico se ve disminuido.

Este principio de aprovechamiento inteligente de los recursos, es lo que todos los autores estudiados, explican como el potenciar las capacidades productivas, haciendo de esta forma que los países ricos en biodiversidad, enfoquen su bioeconomía a través del uso de la biomasa, y los países de mayor producto interno bruto y bagaje investigativo, concentren sus esfuerzos en resaltar los avances biotecnológicos, sin dejar de lado simbiosis de estas, y el valor de la necesidad que tiene una de la otra.

9.4 Análisis de legislación costarricense vinculante hacia modelos bioeconómicos

Durante las últimas décadas, el desarrollo legal que ha tenido Costa Rica, apoyado junto a los procesos de concientización social y educación en temas ambientales, han llegado a ser un combinado de factores a favor para permitir al país convertirse en un referente mundial en bioeconomía.

La conservación de la biodiversidad, el cambio climático, agricultura sostenible, energías limpias entre otros, son aspectos que cuentan actualmente con reglamentos establecidos, por lo que, son herramientas que deben estar en la capacidad de articularse bajo el único y gran objetivo que persigue la bioeconomía mundial (de Jaramillo et al., 2019).

Como se muestra en el análisis de estrategias de bioeconomía, todos los países que han iniciado la transición, buscan desapegarse e independizar sus sistemas económicos de los hidrocarburos, por lo que, determinar si la legislación actual costarricense permite que la actividad agropecuaria evolucione y sea vinculada hacia un modelo bioeconómico, va a permitir mostrar los puntos de mejora en donde los esfuerzos deben concentrarse para articular el sector de manera óptima con los requerimientos bioeconómicos de producción.

El siguiente análisis se basa en la revisión de las leyes costarricenses y su relación con las tres categorías consideradas como pilares de la bioeconomía mundial, siendo estas la biotecnología, biodiversidad y biomasa – bioenergía. Sumado a esto, se agrega una categoría específicamente para el sector agropecuario y turístico junto con un eje transversal de fomento económico que permita mostrar la legislación que infiere directamente a la actividad.

9.4.1 Desarrollo biotecnológico

En términos de desarrollo biotecnológico, Costa Rica ha realizado importantes esfuerzos por convertirse en un país referente en este campo a nivel centroamericano. Para este propósito, se han llevado a cabo inversiones en actividades científicas y tecnológicas (ACT), así como en partidas específicas para investigación y desarrollo, llevándolo a destinar cerca de un 3,06% del valor del PIB 2018. Este porcentaje se desagrega de la siguiente forma: ACT:2,67% e investigación y desarrollo: 0,39% (MICITT, 2019).

No obstante, a nivel comparativo, los porcentajes del PIB, en inversión para investigación y desarrollo costarricense es relativamente baja (0,39%), contra países como Corea (4,30%) o Japón (3,40%), que cuentan con un historial de desarrollo tecnológico mayor (UNESCO, 2020).

A pesar de que Costa Rica no alcanza esos recursos para destinar a esas partidas, si cuenta con al menos 11 leyes vinculantes que promueven su aplicación y desarrollo, las cuales muestran respaldo en diferentes áreas que le competen a la biotecnología.

Algunas de estas leyes abarcan temas como la biomedicina (ley 9234), la cual ha sido ampliamente desarrollada en Costa Rica, gracias al establecimiento de alianzas público-privadas, como lo es el caso del clúster CR-Biomed que ha trabajado en el desarrollo de dispositivos médicos e innovación en biomedicina (de Jaramillo et al., 2019).

Otras leyes de fomento al desarrollo biotecnológico se basan en la seguridad de organismos vivos modificados, como lo es el caso de la aprobación del protocolo de Cartagena, el cual Costa Rica ratificó su participación en 2006, con la ley 8537.

La propiedad intelectual, a pesar de estar respaldada por la ley 8039, en muchas ocasiones se ha visto como una deficiencia, ya que los investigadores y centro de desarrollo no cuentan con el conocimiento ni la experiencia en procesos de nuevas patentes o negocios de bio-productos a nivel internacional. El cuadro 6 muestra la legislación para este tema.

Cuadro 6. Legislación costarricense relacionada al desarrollo biotecnológico

Ley	Nombre	Año
7169	Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico	1990
7664	Ley de Protección Fitosanitaria	1997
8537	Ley de Aprobación del Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la Biotecnología	2006
8039	Ley de Procedimientos de Observancia de la Propiedad Intelectual	2000
9234	Ley Reguladora de Investigación Biomédica.	2014
8760	Creación del Día Nacional de la Ciencia y la Tecnología.	2009
8702	Trámites de las solicitudes de registro de agroquímicos.	2009
8633	Aprobación de la adhesión de Costa Rica al Tratado de Budapest sobre el reconocimiento internacional del depósito de microorganismos a los fines del procedimiento en materia de patentes.	2008

8539	Aprobación del Tratado Internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura.	2006
8149	Ley del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.	2001
7613	Aprobación de los Estatutos y el Protocolo del Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología	1996
8541	Aprobación del Acuerdo entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Instituto Internacional de Recursos Genéticos de Plantas (IPGRI) para el establecimiento y operación de una oficina IPGRI en Costa Rica.	2006

Fuente: elaboración propia con datos de SCIJ,(2020), *Asamblea Legislativa República de Costa Rica*, (2020), UNED, (2012), ICT, (2009) y Senara, (s. f.)

De forma adicional, también existen instrumentos legales que permiten fundar un marco de apoyo complementario a las iniciativas bioeconómicas, los cuales dan soporte a temas de biorefinamiento de combustibles, que son vitales en la descarbonización de la atmósfera, y temáticas como la economía basada en el conocimiento, el desarrollo de la innovación y la tecnología, que son puntos de convergencia en todas las estrategias mundiales de bioeconomía desarrolladas a través de objetivos estratégicos.

Decretos Ejecutivos

- Reglamento de Biocombustibles Líquidos y sus Mezclas (Decreto Ejecutivo 40050-MINAE-MAG) del 2016

Programas, planes y estrategias relevantes para el fomento de la bioeconomía

- Programa Nacional de Biocombustibles (2018)
- Política Nacional de Sociedad y Economía basada en el Conocimiento 2017-2030
- Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2015-2021 (2015)

Todo este bagaje legal tiene un impacto positivo en el sector agropecuario, ya que permite facilitar un cambio de sistemas productivos convencionales, hacia nuevos modelos que hagan uso de biomasa y bioenergía como un elemento de mejora en la eficiencia, y reducción de costo operativo. Esto sumado al posible desarrollo biotecnológico que pueda brindar respuestas en temas de alimentación y mejoramiento genético, entre múltiples otras características.

9.4.2 Conservación de biodiversidad y ecosistemas

A nivel legal, la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas en Costa Rica, se ha vuelto un marco referencial para muchos países en el mundo. La nación cuenta con una amplia gama de leyes que aportan al desarrollo de un cambio hacia una economía más sostenible promoviendo no solo la protección del ambiente, sino que se ha ramificado en diferentes áreas que permitan una integración holística que incluya todo el aparato ambiental del país.

Temas como la conservación de vida silvestre, protección de bosques, cambio climático, contaminantes y usos del suelo, entre otros, son solo algunos aspectos que se muestran en el cuadro 7, los cuales la legislación los regula, y son todas potenciales leyes para formar parte de un marco de apoyo bioeconómico.

Cuadro 7. Legislación costarricense relacionada a la conservación y protección ambiental

Ley	Nombre	Año
6919	Ley de Conservación de la Fauna Silvestre	1984
6184	Servicio Nacional de Parques Nacionales	1977
7554	Ley Orgánica del Ambiente	1995
7575	Ley Forestal	1996
8631	Ley de Protección de Obtenciones Vegetales	2008
7416	Convenio sobre Diversidad Biológica	1994
7317	Ley de Conservación de la Vida Silvestre	1992
9239	Aprobación del Acuerdo sobre el establecimiento del Global Green Growth Institute.	2014
8835	Ley de apoyo y fortalecimiento del sector agrícola.	2010
8759	Creación del Galardón Ambiental Legislativo	2009
8635	Aprobación del Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales.	2008
8538	Aprobación del Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes.	2006
8210	Aprobación del Convenio Constitutivo de la Comisión Interparlamentaria Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.	2002
7779	Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos.	1998
7572	Aprobación del Convenio Regional para el Manejo y Conservación de los Ecosistemas Naturales Forestales y el Desarrollo de Plantaciones Forestales.	1996
7513	Aprobación del Convenio regional sobre cambios climáticos.	1995
7451	Ley de bienestar de los animales.	1994

7433	Convenio para la Conservación de la Biodiversidad y Protección de Áreas Silvestres prioritarias en América Central.	1994
8436	Ley de Pesca y Acuicultura	2005
8542	Ley de Desarrollo, Promoción y Fomento de la actividad agropecuaria orgánica	2006
9405	Ley de Aprobación del Acuerdo de París	2016
7788	Ley de Biodiversidad	1998

Fuente: elaboración propia con datos de SCIJ,(2020), *Asamblea Legislativa República de Costa Rica*, (2020), UNED, (2012), ICT, (2009) y Senara, (s. f.)

Toda esta legislación, en su gran mayoría, afectan de manera positiva al sector agropecuario, por lo tanto, en que un modelo de ganadería sostenible aplicado a Costa Rica, existe un gran potencial para alcanzar el éxito al tener un importante marco legal que lo respalde.

Esto se complementa con un número importante de decretos, programas, planes y estrategias que dan fundamento teórico y práctico al modelo, mostrando que temas como la regulación de mercados de carbono, el saneamiento de aguas residuales o el turismo sostenible, indirectamente también son aspectos claves para la aplicación de la bioeconomía.

Algunos decretos ejecutivos y programas país vinculados a la bioeconomía son:

Decretos Ejecutivos

- Decreto Ejecutivo de Regulación de la Biodiversidad (34433-MINAE) del 2008
- Decreto Ejecutivo de Regulación y Operación de los Mercados Domésticos de Carbono (37923-MINAE) del 2009
- Programa País Carbono Neutralidad (36-MINAE) del 2012
- Reglamento de Regulación y Operación del Mercado Doméstico de Carbono (Decreto Ejecutivo 37926-MINAE)
- Decreto Ejecutivo de creación del Comisión Nacional para la Gestión de la Biodiversidad CONAGEBIO

Programas, planes y estrategias relevantes para el fomento de la bioeconomía

- Estrategia Nacional de Cambio Climático (2007)
- Plan Nacional de Desarrollo Forestal 2011-2020 (2011)
- Política Nacional de Biodiversidad (2015)
- Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2025 (2015)
- Plan de Acción Estrategia Nacional de Cambio Climático (2010)
- Política Nacional de Saneamiento de Aguas Residuales 2016-2030 (2016)
- Política Nacional de Humedales 2017-2030 (2017)

- Estrategia Nacional RED+ Costa Rica (2015)
- Estrategia de Producción de Musáceas Bajas en Carbono, Resilientes y Adaptadas al cambio Climático (2018)
- Plan Nacional de Turismo Sostenible 2010-2016 (2010)
- Plan Nacional de Desarrollo 2019-2022
- Convenio para la conservación de la biodiversidad y protección de áreas silvestres prioritarias en América Central
- Programa Nacional de Agricultura Orgánica (1994)

Acuerdos entre Ministerios

Acuerdo MEIC y el MAG para la reducción de emisiones en el sector agropecuario (2018)

9.4.3 Biomasa – Bioenergía

En cuanto a biomasa-bioenergía, Costa Rica a pesar de tener uno de los potenciales más altos para las mejoras de eficiencia y productividad del sector ganadero, es uno de los menos desarrollados en el país, y la creación de instrumentos legales referentes al tema energético se remonta a muchos años atrás.

Se destacan únicamente la ley de promoción del transporte eléctrico (*ley 4905*) y la aprobación del protocolo del mercado eléctrico de América Central (*ley 9004*) como las más recientes en esta temática, la cual, a través de la bioenergía, podría ser una ley de vanguardia en el área, ya que la nación tiene gran capacidad de generación eléctrica a través de fuentes renovables. La legislación referente a este tema se muestra detalladamente en el cuadro 8.

Cuadro 8. Legislación costarricense relacionada al desarrollo de la biomasa y bioenergía

Ley	Nombre	Año
8839	Ley de Manejo Integral de Desechos	2010
4905	Ley de Promoción del Transporte Eléctrico	2017
7200	Ley de Generación Eléctrica autónoma o Paralela	1990
9004	Aprobación del Segundo Protocolo al Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central.	(2011) 2015
7446	Ley para regular el mejor aprovechamiento de la luz solar.	1994
7447	Regulación del uso racional de la energía.	1994
449	ley de creación del ICE	1949

Fuente: elaboración propia con datos de SCIJ, (2020), *Asamblea Legislativa República de Costa Rica*, (2020), UNED, (2012), ICT, (2009) y Senara, (s. f.)

Algunos de los aspectos más importantes en el área legal para la biomasa y bioenergía costarricense, se han dado durante el último quinquenio, dando a conocer que Costa Rica no se ha quedado atrás en realizar esfuerzos por circularizar la economía.

Dentro de las herramientas legales que aportar a la creación de un marco de apoyo a las iniciativas vinculadas a la bioeconomía, se tienen para la bioenergía: el plan nacional de energía y el plan de promoción y desarrollo de fuentes renovables, los cuales tocan a fondo el desarrollo de esta materia, mientras que el plan nacional de descarbonización y la política de consumo sostenible, son una clara muestra del apoyo hacia el uso de la biomasa.

Programas, planes y estrategias relevantes para el fomento de la bioeconomía

- VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 (2015)
- Plan Nacional de Descarbonización (uso de biomasa y economía circular)
- Estrategia Nacional de sustitución de plásticos de un solo uso 2017-2021 (2017)
- Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible 2018-2030 (2018)
- Plan de Promoción y Desarrollo de Fuentes Renovables no Convencionales
- Plan Nacional de Gestión de Residuos 2016-2021 (2016)
- Estrategia de Producción de Musáceas bajas en Carbono, Resilientes y Adaptadas al cambio climático (2018).

Todos estos planes y programas, le dan un gran respaldo a la actividad agropecuaria desde un modelo bioeconómico ya que promueven la sostenibilidad a través de herramientas que no afectan el ambiente, sino que despresurizan el impacto ya generado sobre la biodiversidad.

9.4.4 Sector ganadero

El sector ganadero cuenta con una serie de leyes que dan paso a la creación de un marco de apoyo a la bioeconomía y desarrollo sostenible. Como se muestra en el campo biotecnológico, ambiental y bioenergético, existe potencial para introducir una base legal que promueva la actividad desde diferentes ámbitos, considerando que el sistema debe ser holístico, ya que las limitantes entre uno y otro son líneas muy delgadas. El país ha creado una serie de diferentes mandatos que se han enfocado específicamente al sector ganadero, los cuales tienen un vínculo directo e indirecto con todas disposiciones previamente mostradas.

Cuadro 9. Legislación costarricense relacionada al desarrollo ganadero

Ley	Nombre	Año
7451	Ley de bienestar de los animales.	1994
8542	Ley de Desarrollo, Promoción y Fomento de la actividad Agropecuaria Orgánica	2006
8799	Control de ganado bovino, prevención y sanción de su robo, hurto y receptación.	2010
8591	Desarrollo, promoción y fomento de la actividad agropecuaria orgánica.	2007
8495	Ley General del Servicio Nacional de Salud Animal.	2006
7837	Creación de la Corporación Ganadera.	1998
7742	Creación del programa de reconversión productiva del sector agropecuario.	1998
7064	Ley de Fomento a la Producción Agropecuaria.	1987 (2001)
6883	Control, elaboración y expendio de alimentos para animales.	1983 (2013)
6433	Ley de fomento a la actividad porcina.	1980 (2011)
6247	Ley sobre normas referentes al abastecimiento de ganado vacuno para el consumo nacional y la exportación.	1978 (2011)
6243	Medidas sanitarias promovidas con relación al mejoramiento de producción animal y su repercusión directa en la salud del hombre.	1978 (2013)
5098	Ley reguladora para la exportación de ganado vacuno hembra	1973 (2010)
4443	Se declara contrario a la economía nacional, el dar muerte a las crías recién nacidas del ganado de leche	1969 (2010)
4412	Ley de Exportación de Ganado Vacuno.	1969 (2012)

Fuente: elaboración propia con datos de SCIJ,(2020), *Asamblea Legislativa República de Costa Rica*, (2020), UNED, (2012), ICT, (2009) y Senara, (s. f.)

Alcanzar la mejoría competitiva del sector agropecuario, debe ser un esfuerzo en conjunto, el cual correlacione la biotecnología con la biodiversidad, biomasa y bioenergía. Existe legislación en cada uno de los campos explicados para fundamentar la creación de un modelo bioeconómico de ganadería sostenible, el cual, en Costa Rica, tiene un gran potencial de ser exitoso, gracias a todos los marcos regulatorios que promueven la conservación y uso inteligente de los recursos, sumado al gran nivel de biodiversidad que el país tiene.

Algunos de los planes con los que cuenta Costa Rica para fortalecer el marco bioeconómico específicamente en el sector ganadero son:

Programas, planes y estrategias relevantes para el fomento de la bioeconomía

- Estrategia para la Ganadería baja en Carbono
- Manual Operativo NAMA Ganadería

9.4.5 Sector turismo

El papel del sector turismo dentro de este análisis, se da gracias a la importancia que tiene este campo para la bioeconomía, como medio para el desarrollo rural a través del turismo ecológico, por lo tanto, la relación entre bioeconomía- turismo, se da como un medio de desarrollo económico para un sector de la población el cual debe estar apegado a un marco regulatorio que lo vincule dentro de los límites de un modelo bioeconómico.

La legislación con la que cuenta Costa Rica para fomentar un marco legal bioeconómico nace desde la Ley Orgánica del Instituto Costarricense de Turismo, (ley 8694), el cual, es el ente central que promulga la actividad turística en el país y tiene un papel protagónico en el desarrollo cotidiano de la actividad. El cuadro 10, detalla la legislación más importante para el apoyo del turismo ecológico a la bioeconomía.

Cuadro 10. Legislación costarricense relacionada al desarrollo turístico

Ley	Nombre	Año
1917	Ley Orgánica del ICT	1955
8694	Ley de Fortalecimiento de la Industria Turística Nacional	2008
9339	Programa de apoyo y reactivación de las MIPYMES del sector turismo	2015
8967	Contrato de Préstamo N° 1824/OC-CR y su Anexo Único entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Banco Interamericano de Desarrollo, para financiar el programa de turismo en áreas silvestres.	(2011) 2015
8879	Aprobación del Convenio para el establecimiento de la zona de turismo sustentable del Caribe y su Protocolo.	(2011) 2015
8811	Incentivo de la responsabilidad social corporativa turística.	2010
8724	Fomento del Turismo Rural Comunitario.	2009
8694	Fortalecimiento del desarrollo de la industria turística nacional	2009

Fuente: elaboración propia con datos de SCIIJ,(2020), *Asamblea Legislativa República de Costa Rica*, (2020), UNED, (2012), ICT, (2009) y Senara, (s. f.)

9.4.6 Incentivos económicos – eje transversal

Más allá de toda la legislación con la que Costa Rica cuenta para proteger y promover el desarrollo de los campos biológicos, también existen otros marcos legales que no se especializan en las áreas biotecnológicas, bioenergéticas, de biodiversidad o ganadería, pero tienen una importante relación con la bioeconomía, desde un ámbito más global, siendo leyes que pueden tener un posible impacto en múltiples campos simultáneamente.

Esta legislación permite abarcar temas como el financiamiento de empresas o el fortalecimiento de la industria rural, por lo que tienen un impacto importante debido al potencial de aprovechamiento de biomasas como una fuente generadora de empleo, y como resultado de esto, una dinamización de la economía rural. El cuadro 12 puntuiza dichas legislaciones, mostrando la diversidad de temas que pueden alcanzar.

Cuadro 11. Legislación costarricense relacionada a los incentivos económicos

Ley	Nombre	Año
6877	Ley de creación del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA)	1983
8932	Exoneración del pago de tributos de sistemas de tratamiento de aguas residuales para contribuir a mitigar la contaminación del recurso hídrico y mejorar la calidad del agua	(2011) 2015
8634	Sistema de Banca para el Desarrollo	2008
8663	Fortalecimiento del Programa Integral de Mercadeo Agropecuario.	2008
8262	Ley de Fortalecimiento de las Pequeñas y Medianas Empresas.	2002
6847	Ley de Fomento a la Industria Rural.	1983 (2010)

Fuente: elaboración propia con datos de SCIJ,(2020), *Asamblea Legislativa República de Costa Rica*, (2020), UNED, (2012), ICT, (2009) y Senara, (s. f.)

En cada uno de los ámbitos evaluados, Costa Rica tiene múltiples factores que respaldan y acompañan la iniciativa de proponer un modelo bioeconómico de ganadería sostenible. No obstante, la biodiversidad y biomasas – bioenergías, tienen un potencial mayor en el país gracias a la construcción de marcos legales que los resguardan y a la gran cantidad de recursos con los que cuenta el país para hacer uso sostenible de estos.

Como se menciona durante el análisis de la bioeconomía, al ser el medio ambiente, el área la más sólida, los esfuerzos deben concentrarse en potenciarla, y pensar en las alianzas

estratégicas que le van a permitir al sector hacer abordajes desde aspectos biotecnológicos con miras de entablar programas y evaluaciones para la mejora continua, bajo la ideología de la constante evolución que presentan los modelos bioeconómicos.

X. CAPITULO 2. INDICADORES PARA GANADERÍA SOSTENIBLE

10.1 El concepto de los Indicadores

Heink & Kowarik, (2010) Quiroga Martínez, (2009) y la UCO, (2003) expresan que los indicadores, corresponden a una variable, o un combinado de estas, las cuales toman diferentes valores a lo largo del tiempo, con la finalidad de medir los cambios de un fenómeno o proceso específico, mostrando de forma analítica las fluctuaciones o eventos a los que se enfrenta un sistema.

Esto tiene una utilidad trascendental ya que permite que se dé una transición de la información hacia la acción, llevado a cabo en una forma inteligente y planeada, con una visión clara para atacar los puntos débiles de un sistema y retroalimentar aquellos que muestren los resultados esperados (Quiroga Martínez, 2001).

Al ser una herramienta construida, los indicadores deben ser objetivamente verificables y replicables, sin embargo, también deben cumplir una serie de características que los fundamenten, como por ejemplo: (i) ser de fácil medición, (ii) sensibles a cambios, (iii) deben poder analizarse las relaciones con otros indicadores, y finalmente (iv) deben contemplar la sostenibilidad como parte de su construcción (Sarandón, 2002).

Los valores que los indicadores alcancen, son claves en la toma de decisiones, y se debe contar con un conocimiento del entorno y contexto social, económico y ambiental del espacio en donde se realiza la medición, ya que el significado de dicho dato, puede tomar otra apariencia, con una connotación de índole negativa o positiva de forma inmediata, necesitando de un proceso de decodificación fundamentado en la base teórica de la construcción del propio indicador (Quiroga Martínez, 2009).

Por tanto, se debe conocer los alcances y límites del fenómeno que se plantea analizar a través de estos valores, ya que, cuando la magnitud de un sistema se vuelve excesivamente compleja, es recomendable hacer uso de indicadores agregados o índices, los cuales va a

permitir determinar los valores ponderados de todos los elementos que lo llegan a construir (Quiroga Martínez, 2009).

Los indicadores pueden desagregarse en diversos tipos, sin embargo, para los fines de este estudio, se profundiza en los indicadores ambientales y de desarrollo sostenible, ya que las actividades agropecuarias, por su naturaleza y necesidad de satisfacer una demanda, pueden conllevar a la explotación desmedida de los recursos naturales, llevando esto a la necesidad de mantener un control más ajustado sobre los cambios que se ejercen en el ambiente (Moldan et al., 2012)

Quiroga Martínez, (2001) explica que los indicadores de desarrollo sostenible, son la ruta que permite mostrar las interrelaciones entre las dinámicas económicas, sociales y ambientales, como una herramienta de apoyo a la política pública para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible propios del país.

Los indicadores ambientales por parte, muestran el estado de las principales dinámicas ambientales, los cuales en el caso de Costa Rica, pueden ser ampliamente desarrollados, gracias a la extensa diversidad de recursos biológicos con los que cuenta el país (Quiroga Martínez, 2001).

El valor de estas herramientas, toma un rol protagónico mayor, cuando los problemas ambientales y de sostenibilidad se muestran mayores a los sistemas actuales, por lo tanto, la intervención política los convierte en la principal fuente de información a la hora de evidenciar la magnitud del problema que se aborda.

10.2 Indicadores de medición bioeconómica

El análisis de estrategias bioeconómicas, más allá de ser una muestra comparativa de los acercamientos metodológicos y la importancia de la identificación de potencialidades productivas sostenibles, permite hacer un análisis de los puntos clave en donde una estrategia holística bioeconómica, debe centrarse y generar las herramientas capaces de medir el impacto en los diversos sectores económicos, así como dar la retroalimentación necesaria para iniciar los procesos de mejora continua.

Como se explica en el capítulo anterior, las estrategias holísticas no se centran exclusivamente en un área económica, sino que el acercamiento se da a lo largo de las cadenas productivas de los diferentes sectores, buscando la mayor cantidad de circularidad en los miembros que las componen, y relacionando a través de interacciones continuas los sectores académicos, productivos y legales, que permitan un desarrollo sostenible en los ámbitos económicos y sociales.

El resultado de dicho análisis de estrategias, permitió determinar nueve factores homogéneos que se han mostrado como puntos decisivos en el desarrollo óptimo de la misma en países en todo el mundo, por lo tanto, son elementos que se deben contemplar bajo instrumentos de medición que permitan generar un diagnóstico de su condición. Dichos factores son:

- Fortalecimiento de mercados
- Aumento de competitividad
- Aprovechamiento de biomasa
- Generación de bioenergía
- Adaptación social
- Inversión en I&D
- Alianzas público - privadas
- Academia- gobierno- producción
- Entrenamiento vocacional

Trasladando este escenario al caso costarricense, y específicamente al sector ganadero, se debe evaluar si existen herramientas que promuevan estos aspectos para la actividad y permitan crear la base teórica y el marco de ejecución para darles seguimiento. Propuestas como NAMA ganadería o los planes nacionales de desarrollo, tocan los temas del aumento en la competitividad, o el aprovechamiento de las biomassas y bioenergías, y la adaptación al cambio climático, sin embargo, estas iniciativas se concentran únicamente en un eslabón de la cadena y no en el sistema completo.

10.3 Ganadería Sostenible, el caso de los Estados Unidos

La producción ganadera sostenible, se ha enfocado en realizar esfuerzos junto con otras iniciativas, para concentrar recursos en la adopción de sistemas productivos resilientes que mantengan las fuentes de materias primas en estado óptimo para las futuras generaciones.

Uno de los actores más importantes en este campo, ha sido la iniciativa denominada “La Mesa Redonda Global para la Carne de Res Sostenible” (GRSB, por sus siglas en inglés), la cual alberga miembros de toda la cadena de valor, que trabajan bajo un mismo objetivo sostenibilidad, para alcanzar un sistema productivo que sea racional a nivel ambiental, responsable en el ámbito social y económicamente rentable.

Esta iniciativa se ha desarrollado en todo el mundo y ha llevado a cabo mesas redondas en países como Canadá, Estados Unidos, Paraguay, Argentina, Brasil y a nivel europeo, sudafricano, Australia y más reciente en China. Para esta investigación, se hace una revisión de la mesa redonda estadounidense, la cual muestra seis indicadores prioritarios como marco de referencia para la definición de las áreas de sostenibilidad en la cadena de suministro, llevando el análisis mucho más allá de las fincas.

El cuadro 12, detalla brevemente el enfoque de cada uno de los indicadores prioritarios.

Cuadro 12. Indicadores para la cadena ganadera estadounidense

Indicadores	Descripción
Salud y bienestar animal	Acumulación de efectos de salud del hato, nutrición, cuidado y comodidad
Eficiencia y productividad	La eficiencia se expresa como la unidad de entrada requerida para producir una unidad de salida, y el rendimiento es el producto total generado por unidad de tiempo o espacio.
Recursos hídricos	Volumen de agua utilizado por el sector en cada una de las áreas de sostenibilidad
Tierra	El impacto en el uso de la tierra causados por las actividades agrícolas y ganaderas
Aire y emisiones de gases efecto invernadero	Las emisiones de contaminantes (partículas, gases efecto invernadero) en cada uno de los sectores del proceso
Bienestar y seguridad de los trabajadores	Aplicación de programas de seguridad y capacitación para asegurar un espacio de trabajo seguro y libre de accidentes

Fuente. Elaboración propia con datos de USRSB, (2019)

Cuadro 13. Indicadores de salud y bienestar animal para sostenibilidad en la cadena ganadera estadounidense

Indicador	Subsector	Métrica	Resultados esperados
Salud y bienestar animal	Vacas y terneros	¿Se ha adoptado un método de aseguramiento de la calidad de la carne (ACC) en el manejo de la finca?	<ul style="list-style-type: none"> • Ganado sin estrés, saludable y libre de productos químicos • Mejor rendimiento del animal
	Mercado de subastas	¿Los empleados están entrenados e implementan los criterios de ACC en las subastas?	<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar el manejo adecuado de los animales • Asegurar la seguridad de los empleados
	Pastizales	¿Los empleados están entrenados en ACC y se aplica a los pastos?	<ul style="list-style-type: none"> • Animales más sano y con menor nivel de estrés
	Embalaje y procesados	¿La empresa cuenta con programas de bienestar animal evaluados por terceras partes? ¿Existen políticas de bienestar animal en las empresas? ¿Se incita a otros actores a ser parte de programas de bienestar animal?	<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad y calidad de los productos cárnicos • Bienestar animal alineado con auditorias de calidad y respeto del comportamiento natural
	Ventas y servicios	¿Existen políticas documentadas de manejo y cuidado animal? ¿Se verifica el cumplimiento de las políticas o los fallos de auditoria? ¿Se rastrea y evalúa la mejora continua en salud y bienestar animal?	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de políticas de manejo y cuidado animal • Verificación del manejo por parte de los trabajadores • Vínculos entre proveedores y empresa a favor de los animales.

Fuente. Elaboración propia con datos de USRSB, (2019)

Cuadro 14. Indicadores de eficiencia y productividad para sostenibilidad en la cadena ganadera estadounidense

Indicador	Subsector	Métrica	Resultados esperados
Eficiencia y productividad	Vacas y terneros	¿Existen estrategias implementadas para optimizar la productividad a través de nutrición, reproducción, genética, tecnología?	<ul style="list-style-type: none"> • Animales de alto rendimiento y alto valor económico • Menores tasas de mortalidad, morbidez y animales ociosos
	Mercado de subastas	Al ser intermediarios entre los productores y otros sectores de la cadena, no se considera un impacto en la eficiencia del animal	No aplica
	Pastizales	¿Se da seguimiento del rendimiento de los animales y eficiencia operativa mientras están en esta área?	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor rendimiento de cierre del animal • Racionamientos mejorados para optimizar recursos
	Embalaje y procesados	¿Existen programas para desviar los desechos de los vertederos dentro de las instalaciones? ¿Cuánto se logra desviar? ¿Se les da seguimiento?	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción en el volumen de residuos generados y vertidos • Evitar la contaminación del aire, tierra o agua
	Ventas y servicios	¿Se han hecho autoevaluaciones respecto al desperdicio de alimentos en las instalaciones? ¿Existen políticas de reducción del desperdicio?	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de políticas para fomentar la prevención del desperdicio de productos cárnicos

Fuente. Elaboración propia con datos de USRSB, (2019)

Cuadro 15. Indicadores de recursos hídricos para sostenibilidad en la cadena ganadera estadounidense

Indicador	Subsector	Métrica	Resultados esperados
Recursos hídricos	Vacas y terneros	¿Se implementa un plan de pastoreo que mantenga o mejore el agua?	<ul style="list-style-type: none"> mejor cobertura boscosa y flujos mejorados en fuentes de agua
	Mercado de subastas	¿Existen estrategias de gestión de aguas en las subastas ganaderas?	<ul style="list-style-type: none"> Conservación de agua, reutilización de agua de lluvia, asegurar las prácticas protectoras de agua a nivel superficial y subterráneo
	Pastizales	¿Existen estrategias de gestión de agua en los patios de alimentación?	<ul style="list-style-type: none"> Rescate de agua potable a través del uso de agua pluvial para riego
	Embalaje y procesados	<ul style="list-style-type: none"> ¿Hay plan de gestión de aguas en la instalación? ¿Cuántas faltas sancionadas de agua residual ha tenido? ¿Se rastrea la calidad del agua? 	<ul style="list-style-type: none"> Optimización del recurso, mejor planeamiento y administración del agua, mejor uso del recurso a lo largo de la cadena productiva
	Ventas y servicios	¿Las empresas tienen planes para la gestión de riesgos y recursos hídricos que incluya el impacto en la calidad y cantidad?	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de colaboraciones entre actores de la cadena para el cuidado del recurso hídrico

Fuente. Elaboración propia con datos de USRSB, (2019)

Cuadro 16. Indicadores de tierra para sostenibilidad en la cadena ganadera estadounidense

Indicador	Subsector	Métrica	Resultados esperados
Tierra	Vacas y terneros	¿Hay planes de manejo de pastoreo para proteger el recurso tierra?	<ul style="list-style-type: none"> Creación de condiciones óptimas para la regeneración del pasto
	Mercado de subastas	No aplica	No aplica
	Pastizales	¿Se cuenta con una estrategia de manejo de nutrientes implementada?	<ul style="list-style-type: none"> Monitoreo de la salud del suelo y tasa de aplicación de nutrientes
	Embalaje y procesados	¿Existen iniciativas para mitigar los impactos sobre el suelo, consecuencia del desarrollo de nuevas instalaciones?	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de prácticas de gestión sostenible de la tierra Demostración de planes con gestión de tierras
	Ventas y servicios	¿Trabajan las empresas con los productores en el desarrollo de planes de manejo de pastoreo?	<ul style="list-style-type: none"> Preservar los recursos que dependen de las tierras de pastoreo

Fuente. Elaboración propia con datos de USRSB, (2019)

Cuadro 17. Indicadores de aire y emisiones para sostenibilidad en la cadena ganadera estadounidense

Indicador	Subsector	Métrica	Resultados esperados
Aire y emisión de gases de efecto invernadero	Vacas y terneros	¿Existen planes de manejo de pastoreo que incluyan el secuestro de carbono del suelo?	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de cargas de combustibles en pastizales y reducción de incendios de alta intensidad por lo tanto menores emisiones de GEI
	Mercado de subastas	No aplica	No aplica
	Pastizales	¿Existen estrategias para administrar las emisiones de GEI?	<ul style="list-style-type: none"> • Planes de alimentación inteligente, lo que reduzca las emisiones a la atmósfera de GEI
	Embalaje y procesados	¿Está determinado el CO ₂ per cápita o por producto terminado? ¿Se da seguimiento de las emisiones y se establecen objetivos de mejora?	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoras en la calidad del aire y reducción de GEI • Desarrollo entre los actores de la cadena para disminuir los GEI
	Ventas y servicios	¿Las empresas tienen planes para reducir las emisiones de GEI? ¿Han evaluado su nivel de emisiones?	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones enfocadas a trabajar en reducir las emisiones de GEI

Fuente. Elaboración propia con datos de USRSB, (2019)

Cuadro 18. Indicadores de salud ocupacional para sostenibilidad en la cadena ganadera estadounidense

Indicador	Subsector	Métrica	Resultados esperados
Bienestar y seguridad de los trabajadores	Vacas y terneros	¿Todos los trabajadores están capacitados e implementando las técnicas en seguridad y manejo animal?	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de lesiones en los trabajadores • Reducción de estrés en el animal
	Mercado de subastas	¿Existen programas de seguridad ocupacional en las instalaciones?	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor seguridad en el trabajo y colaboradores más productivos, animales seguros y libres de estrés
	Pastizales	¿Los empleados en esta zona están capacitados con programas de seguridad?	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor seguridad para los trabajadores
	Embalaje y procesados	¿Las empresas tienen documentación de programas de seguridad a los empleados? ¿Se rastrea la tasa de lesiones de los empleados?	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de lesiones en las plantas de operación • Planeamientos y cultura de seguridad ocupacional
	Ventas y servicios	¿Las empresas tienen políticas documentadas de programas de seguridad laboral? ¿Se rastrea la cantidad de empleados que cumplen los entrenamientos de capacitación en seguridad?	<ul style="list-style-type: none"> • Ambientes de trabajo seguros y tasas de lesión laboral menores • Seguimiento de los procedimientos de seguridad y capacitación

Fuente. Elaboración propia con datos de USRSB, (2019)

10.4 Indicadores de NAMA ganadería, Costa Rica

El manual operativo Nama Ganadería de Costa Rica, muestra una serie de indicadores clasificados en tres categorías, las cuales tienen el objetivo de cuantificar las fluctuaciones en la producción, así como el impacto que se genera en la sostenibilidad del sistema. Estos se muestran en el cuadro 19, donde se detallan las áreas de estudio en cada uno

Cuadro 19. Categorización de indicadores en NAMA Ganadería

Indicadores globales	Indicadores específicos	Descripción
Indicadores de productividad	Intervalo entre partos	Determina la eficiencia de la reproducción del sistema
	Tasa de parición	Mayor eficiencia reproductiva implica mayor productividad del sistema
	Edad y peso del ternero al destete	Mide la eficiencia del sistema de alimentación
	Carga animal	Productividad media de la tierra en ganadería
	Edad al primer parto	Mide la eficiencia reproductiva
	Servicios por concepción	Mide la eficiencia reproductiva
Indicadores de rentabilidad de la actividad ganadera y/o lechera	Kg de leche/Kg de concentrado	Determina la eficiencia productiva
	Costo unitario de producción	Establece el costo de producción de una unidad de producto (kg de carne o Lt de leche). No aplicable a SDP
Indicadores de resiliencia o capacidad de adaptación a los efectos del cambio climático	Rentabilidad ganadera	Muestra el margen económico por unidad de producto vendido
	Producción de biomasa	Cantidad producida de biomasa por unidad de área. Medida de eficiencia en términos productivos.
	Materia orgánica en el suelo	Da una muestra de la salud del suelo y la capacidad para fijar carbono
Indicador de eficiencia productiva – ambiental	Balance de gases efecto invernadero	Relación entre emisión de GEI y la captura de carbono
	Eficiencia productiva ambiental	Relación entre las emisiones de GEI por cada Kg de carne o leche producido

Fuente. Elaboración propia con datos del Manual Operativo Nama Ganadería

10.4.1 Indicadores de productividad

El análisis de productividad que desarrolla el plan operativo Nama ganadería, trae consigo una serie de acciones claves necesarias que las fincas modelo deben realizar para el desarrollo óptimo y correcta medición de los indicadores que se plantean. Estas acciones son categorizadas de acuerdo al tipo de sistema productivo que cada finca posea, no obstante, en este caso, se mantienen para ambos sistemas las mismas acciones, siendo estas, (i) la identificación, pesaje y clasificación de todos los animales del hato, (ii) implementación del programa sanitario, e (iii) implementación del programa reproductivo.

Las mediciones específicas en el tema de la productividad, se subdividen en seis indicadores, los cuales se concentran en estudiar la reproducción del hato desde diferentes etapas, la eficiencia de la alimentación y de la producción del sistema. Estos indicadores son:

I. Intervalo entre partos

Este indicador mide la eficiencia de la reproducción de los animales, por lo que, con menor cantidad de días entre los partos, se da una mayor velocidad de reproducción, y como resultado una mayor producción de carne o leche por unidad de tiempo, entendiéndose como un intervalo de tiempo óptimo, 380 – 395 días. La fórmula de este indicador es:

$$IEPP = \frac{\sum_{i=1}^n (FP_i^{t-1})}{n} \quad (2)$$

donde:

IEPP: Intervalo entre partos promedio

FP: Fecha de parto de la vaca/novilla “i”

i: vaca o novilla

n: número de novillas que parieron en el año

II. Tasa de parición

La tasa de parición, al igual que el intervalo entre partos, evalúa la eficiencia reproductiva de los animales, y explica como el aumento en eficiencia reproductiva tiene una relación lineal con la productividad del sistema. El cálculo para la tasa de parición se a partir de:

$$TP = \frac{N \text{ terneros}}{N \text{ vacas expuestas a toro}} \times 100 \quad (3)$$

III. Edad y peso del ternero al destete

Este indicador tiene la característica de expresar diversos puntos clave de un sistema que se considera eficiente. Permite mostrar el aprovechamiento de la alimentación que se le da a los animales, así como la buena genética de madre. Este indicador se calcula a partir de:

$$PPTD = \frac{\sum_{i=1}^n PTD_i}{n} \quad (4)$$

donde:

PPTD: Peso promedio ternero al destete

PTD_i: Peso del ternero “i” al destete

i: 1

n: número de terneros destetados en la finca por año

IV. Carga animal

La carga animal es un indicador que expresa la productividad promedio de la tierra utilizada para ganadería, mostrándose en unidades animales⁵ por hectárea de pastos. La escala de valoración de este indicador va de 1 a 5, siendo el más bajo para sistemas extensivos de baja efectividad y 5 o más para niveles muy intensivos.

La construcción de este indicador parte de la estimación de superficies en pasto y el inventario del número y categoría de animales trasladados a unidades animales. La fórmula para el cálculo de carga animal es:

$$CA = \frac{\text{Unidades animales}}{\text{Hectáreas de pastos}} \quad (5)$$

V. Edad al primer parto

Este indicador se da como una herramienta para la medición de la eficiencia reproductiva, tomando en consideración el tiempo que le lleva a un animal alcanzar su madurez reproductiva y su primera procreación. Conforme mayor sea el tiempo que se tarda en alcanzar la etapa reproductiva, se traduce como una pérdida económica para el productor al disminuir el número potencial de futuros descendientes.

⁵ Una unidad animal se refiere a un animal adulto de 450 kilogramos

Este indicador se mide en lapsos de meses y se construye a partir de un valor promedio de las fechas de los primeros partos de todas las novillas, contemplado desde el nacimiento hasta el nacimiento de las crías

VI. Servicios por concepción

Esta medición relaciona el efecto que tienen los servicios dados a un animal, versus la cantidad de animales que resultaron en estado de gestación en un periodo definido de tiempo. Resultados cercanos a 2 deben evitarse ya que implica que se necesitó el doble de saltos para la concepción, mientras que, si el valor es 1, el resultado implica un buen desempeño del animal.

$$SC = \frac{\text{Número total de servicios a un animal o grupo}}{\text{Número de servicios que resultaron en preñeces}} \quad (6)$$

VII. Kg de leche/ kg de concentrado

Dentro del tema de productividad, este indicador se encarga de medir la eficiencia productiva de los animales, bajo el criterio de relación 3 a 1, donde el productor obtiene tres kilogramos de leche por cada kilogramo de alimento concentrado que le brinda al animal.

10.4.2 Indicadores de rentabilidad de la actividad ganadera y/o lechera

Este apartado del plan de NAMA ganadería, deja de lado los temas de reproducción y alimentación mostrados en la sección anterior, para profundizar en el manejo financiero de las fincas, haciendo análisis específicamente en los costos de producción y la rentabilidad de la actividad. Para esto se generan los siguientes indicadores:

I. Costos unitarios de producción (CUP)

En cualquier ámbito productivo, el valor que tiene determinar de forma precisa el dato referente al costo unitario de una unidad de producto, puede representar que el sistema sea rentable o no. En el caso de las fincas del PPNG, se desarrollaron dos fórmulas de cálculo de acuerdo al tipo de sistema que trabaje la finca, ya sea tratándose de animales de engorde, o fincas lecheras.

El indicador para las fincas de cría y engorde se expresa de la siguiente forma:

$$CUP_C = \frac{\text{Costo de producción por Ha (Col/Ha)}}{\text{Carga animal (Kg/Ha)}} = \frac{\text{Colones}}{\text{Kilogramo}} \quad (7)$$

En el caso de las fincas lecheras, el cálculo del indicador se da como:

$$CUP_L = \frac{\frac{\text{Costo de producción por Ha (Col/Ha)}}{\text{Carga animal (UA/Ha)}}}{\text{Productividad Lechera (Lt/UA)}} = \frac{\text{Colones}}{\text{Litro}} \quad (8)$$

En el caso de las fincas de doble propósito, al tener costos asociados de una misma partida a ambos sistemas, no es posible en muchas ocasiones, determinar con precisión qué porcentaje de dicho costo corresponde a la producción de un kilogramo de carne, o un litro de leche, por lo que, el plan operativo recomienda establecer un porcentaje específico para cada finca basado en la productividad de la misma.

II. Rentabilidad ganadera

El objetivo de este indicador, radica en tener una estimación del margen económico por cada unidad de producto que se vende, esto como una medida del nivel de competitividad que la finca, como actividad empresarial presenta. El cálculo de este indicar se obtiene a partir de:

$$RG = Pf - CUP \quad (9)$$

donde:

RG: Rentabilidad ganadera

Pf: Precio unitario de producto en finca

CUP: Costos unitarios de producción

10.4.3 Indicadores de resiliencia a los efectos del cambio climático

Esta última sección de indicadores, concentra sus esfuerzos en hacer frente a los embates del impredecible cambio climático. Para esto, hace uso del elemento biomasa, el cual tiene uno de los mayores potenciales a nivel bioeconómico para transformar la actividad a un desarrollo sostenible y circular de los insumos.

I. Producción de biomasa

Estimar la cantidad de biomasa que produce una finca, puede significar estar ante la presencia de un sistema altamente eficiente en términos productivos, considerando que, gracias a mayores cantidades de biomasa, la resiliencia al cambio climático se da de una

mejor manera debido al aumento de reservas en materia seca para las dietas animales. El cálculo de esto, surge de:

$$\text{Producción de Biomasa} = \frac{\text{Kilogramos de materia seca}}{\frac{\text{Hectáreas}}{\text{Año}}} \quad (10)$$

II. Materia orgánica en el suelo

La cantidad de materia orgánica que se encuentra presente en el suelo de una finca, es una herramienta utilizada como medida de la condición de salud que el mismo tiene. Esto representa una práctica de adaptación al cambio climático, debido a la capacidad de fijación de carbono siendo una relación creciente lineal.

Un mayor porcentaje de materia orgánica, significa una mayor captación de carbono.

III. Balance de gases de efecto invernadero

Este indicador determina la relación entre la emisión de GEI, la captura de carbono y la no emisión de la actividad ganadera. Este indicador se mide a través de:

$$T.CO_2e = \text{Volumen promedio de gases emitidos} \times \text{Hectárea} \times \text{Año} \quad (11)$$

donde:

T.CO₂e = Toneladas de CO₂ emitidos

10.4.4 Indicador de la eficiencia productiva – ambiental

Este indicador surge como una medida correctiva del escenario donde se da un aumento de GEI, al darse una ampliación en la producción, refiriéndose a un crecimiento en la unidad de superficie, por lo tanto, se busca encontrar el valor que explique la eficiencia de la actividad ganadera en términos de emisiones de gases por kilogramo de unidad de producto listo.

Este indicador se expresa a través de:

$$CO_2e \times \frac{\text{Kg carne}}{\text{Año}} \quad (12)$$

10.5 Datos de PPNG para el modelo

Los datos utilizados para la construcción del modelo, son categorizados en dos grandes variables principales enfocadas hacia costos fijos y costos variables de la actividad. Se debe resaltar que cada una de estas categorías se subdivide en distintas variables que se encuentran a su vez compuestas por diversas subpartidas que evalúan la actividad, y van a ser los insumos que permitan la construcción de los componentes principales necesarios para la propuesta metodológica.

El cuadro 20, muestra de forma general las variables que conforman cada categoría y dan paso a la generación de análisis de componentes debido al elevado número de subpartidas que las forman, mientras que los cuadros 21 y 22, dan el detalle específico de los elementos que atienden cada una de las subpartidas recopiladas y la unidad de medida en que se toma la información.

Cuadro 20. Estructuración de las variables para el PPNG

Variables	Categorías	Cantidad de subpartidas
Costos fijos	Salarios	5
	Terreno	11
	Maquinaria y equipo	32
	Infraestructura	20
	Financiero	4
	Combustible	5
	Servicios fijos	9
	Impuestos y cargas	7
	Animales	6
Costos variables	Alimentación	12
	Sanidad	19
	Servicios variables	7
	Trazabilidad	3
	Reproducción	6

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga

Cuadro 21. Especificación de los costos fijos presentados en la encuesta para PPNG

Clasificación	Variables	Unidad de medida
Costos Fijos	Salarios	Salario operativo, salario administrativo, Mano de obra familiar
	Cargas sociales	Tiempos completos mensuales
	Otros salarios	Cantidad de personas
Terreno	Gastos de formalización, amortización de terreno, impuestos territoriales, CVO, otros gastos terreno	Colones
	Cuotas por terreno, alquiler	Colones mensuales
	Semilla, cal	Kilogramos
	Herbicida	Litros
	Fertilizante	Kilogramos/litros
Maquinaria y equipo	Picadora, balanza, termos, cortadora de pasto, bomba de agua, fumigadora, motosierra, vehículo, tractor, carretas, fierro, equipo de ordeño, tanque de enfriamiento, impulsor, areteadora, descornadora, tatuadora, prensa, cuadriciclo, motocicleta, aisladores, pararrayos, computadora, lector de trazabilidad, arado, rastra, mesa de volteo, dosificadores, jeringas.	Unidad
	herramientas varias, repuestos varios, otros equipos y maquinaria	Colones
Infraestructura	Corral, manga, bodega, fuente de agua, quesera, postes, biodigestor, saladeros, sala de ordeño, comederos, abrevaderos, paneles solares, árboles para cerca, tanque de agua, casa de peón	Unidad
	Alambre eléctrico, alambre de púas, caminos, tuberías y riego	Metro lineal
Financieros	Otras infraestructuras	Colones
	Comisiones bancarias, amortizaciones, otros financieros	Colones
	Cuotas bancarias	Colones mensuales
Combustibles	Gasolina, diésel, aceite, canfín (queroseno)	Litros
	Otros combustibles	Colones semestrales

Servicios fijos	Mantenimiento, transporte, alquiler equipo – maquinaria, servicios administrativos, reparaciones	
	Teléfono, internet	Colones mensuales
	Software, otros servicios fijos	Colones
Impuestos y cargas	Impuesto de renta, marchamo, RTV, seguros, afiliaciones e inscripciones, otros impuestos y cargas	Colones
	Porcentaje de subasta	Colones por cabeza
Animales	Compra de hembras, compra de machos, compra de vientres, compra de semental, compra caballo de finca	Cabezas
	Otros animales	Colones semestrales

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga.

Cuadro 22. Especificación de los costos variables presentadas en la encuesta para PPNG

	Clasificación	Variables	Unidad de medida
Costos variables	Alimentación	Sustituto de leche, melaza, minerales, urea, aditivos no nutricionales, concentrado, subproducto agrícola, pecuario o industrial	Kilogramo
		Heno	Paca
		Bancos forrajeros	Metros cuadrados
		Sal	
		Ensilaje	Silopaca
		Otros alimentos	Colones semestrales
	Sanidad	Vacuna de ántrax, vacuna clostridial, vacuna de brucelosis, vacuna viral, vacuna antirrábica, otras vacunas, suero antiofídico, antidiarreico	Dosis
		Desparasitación externa, desparasitación interna, antibióticos, reconstituyentes, antinflamatorios, vitaminas	Centímetro cubico
		Jeringas desechables, agujas, exámenes sanitarios	Unidad
		Suero	Bolsa
		Otros sanidad	Colones semestrales
Servicios variables		Examen andrológico, palpación	Cabeza
		Agua	Metros cúbicos
		Electricidad	Kw/h
		Servicios veterinarios TX	Visita
		Mantenimiento equipo ordeño	
	Otros servicios variables	Otros servicios variables	Colones semestrales
Trazabilidad		Guías de movilización	Guía
		Dispositivos de identificación	Cabeza
		Otros trazabilidad	Colones semestrales
Reproducción		Pajillas de inseminación, trasplante de embriones	Unidad
		Desechables para IA, otros reproducción	Colones semestrales
		Hormonales	Dosis
		Nitrógeno	Litro

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga.

10.6 Creación de componentes principales como insumos para modelación

El análisis de componentes principales, parte de la categorización de variables distribuidas en los 14 grupos mostrados previamente, los cuales albergan un total de 146 subpartidas evaluadas para las fincas del Programa Piloto Nama Ganadería.

I. Salarios

La categoría salarios está compuesta por 5 subpartidas diferentes que evalúan aspectos como el aporte administrativo, operativo, mano de obra familiar, cargas sociales y otros. La generación de los componentes principales para esta categoría, concibe de manera resumida la siguiente información en el cuadro 23.

Cuadro 23. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de salarios

PC	Nombre del componente	Desviación estándar	Valores únicos	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	Salarios formales	1.4019	1.9654	0.3931	0.3931
PC2	Salarios informales	1.0797	1.1658	0.2332	0.6262
PC3	-	0.9459	0.8946	0.1789	0.8052
PC4	-	0.8031	0.6449	0.1290	0.9342
PC5	-	0.5736	0.3291	0.0658	1.0000

Fuente. Elaboración propia.

A partir de estos resultados, se toma la desviación estándar y los valores únicos (eigen values) como factores de decisión para la utilización de los componentes principales, haciendo uso de los valores con resultados superiores a uno en ambos criterios. Para este caso, se utilizarán únicamente los componentes uno y dos, los cuales explican los mayores porcentajes de varianza, representando de manera acumulada un 62,62% del total de variables contenidas dentro del apartado estudiado.

En cuanto a los valores únicos generados por los componentes principales, estos se encargan de mostrar la magnitud de la rotación de los ejes en función a la dirección que toma el comportamiento de las respuestas, por lo que se puede detallar gráficamente el alto porcentaje de variación explicado en los PC1 y PC2. Este comportamiento se muestra gráficamente de la siguiente forma:

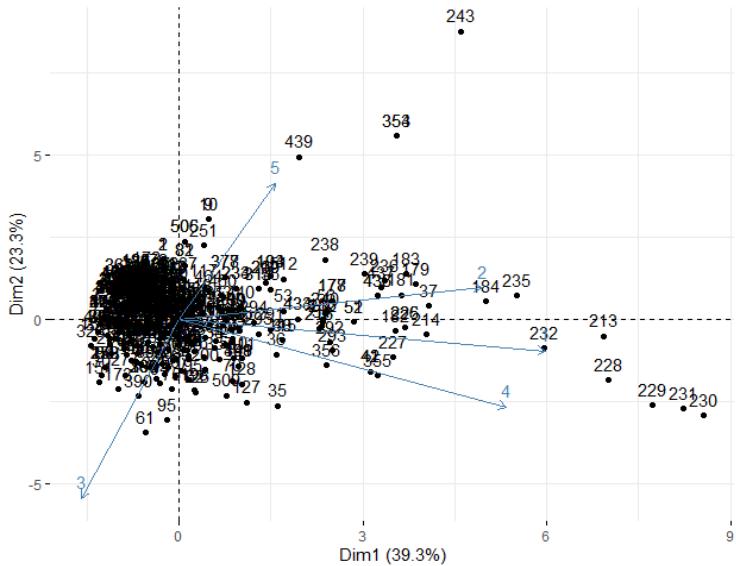


Figura 6. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de salarios
 Fuente. Elaboración propia.

La figura 6 detalla como la dimensión uno o componente uno, toma la posición de nuevo eje X, recordando que los valores únicos son los que nos permiten observar la variación de los vectores al hacer la rotación de los ejes. Se resalta el comportamiento de las dimensiones tres y cinco, las cuales son vectores con direcciones totalmente opuestas, por tanto, se concibe que la presencia de respuestas en una de estas, trae consigo la ausencia de las mismas en la otra, o valores totalmente contrarios.

II. Terreno

La generación de componentes para el análisis del terreno, resultó en una totalidad de 11CP, de los cuales, cinco de ellos presentan una desviación estándar y valor único superior a uno, siendo estos capaces de explicar un 57,61% de la variabilidad de todas las partidas que conforman la categoría.

Para mayor facilidad de lectura, únicamente se detallan los cinco componentes principales que van a ser utilizados en el análisis, los cuales, al igual que el análisis previo, se van a complementar con los resultados obtenidos de los valores únicos correspondientes a los vectores generados. Esto se detalla en el cuadro 24, que muestra la distribución de porcentajes de varianza explicada.

Cuadro 24. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de terreno

Nombre del componente	Desviación estándar	Valores únicos	Proporción de varianza	Proporción Acumulada
PC1 Obligaciones bancarias	1.2492	1.491463	0.1419	0.1419
PC2 Insumos para terreno	1.2190	1.209991	0.1351	0.2770
PC3 Otros insumos	1.0943	1.188965	0.1089	0.3858
PC4 Gastos directos terreno	1.0335	1.061045	0.0971	0.4829
PC5 Otros gastos de terreno	1.0129	1.025853	0.0932	0.5761

Fuente. Elaboración propia.

El comportamiento de estos componentes, se observa más claramente en el análisis gráfico, el cual muestra la direccionalidad de los vectores, y confirma como más de un 50% de la varianza se explica en los cinco componentes principales seleccionados debido a la gran aglomeración de respuestas en un cuadrante, sin embargo, el fenómeno de direccionalidades opuestas también se da en esta categoría al observar la dimensión 5. Estos detalles de presentan de forma más clara en la figura 7 de respuestas para terreno.

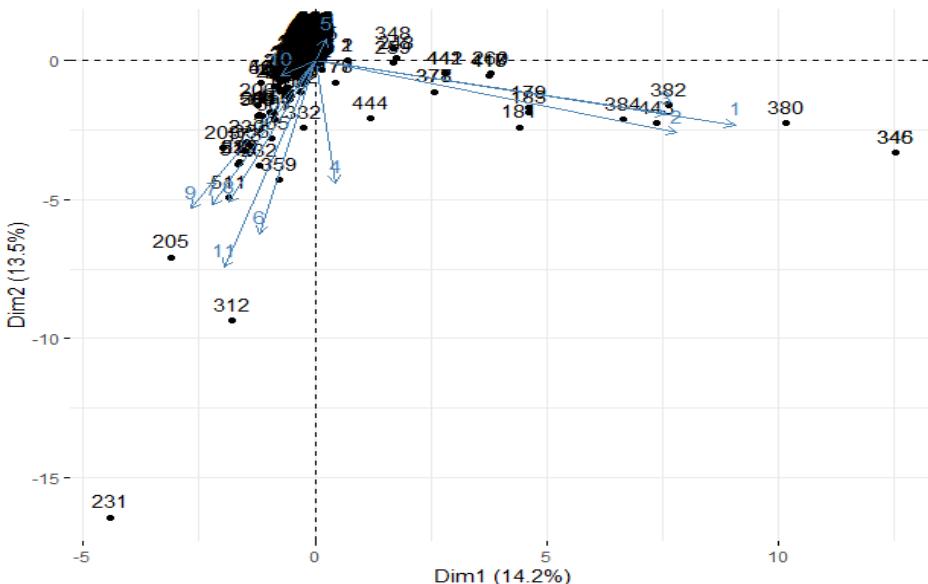


Figura 7. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de terreno Fuente. Elaboración propia.

III. Maquinaria y equipo

Este análisis resultó en un total de 30 componentes debido a la alta cantidad de subpartidas evaluadas, de las cuales, se va a hacer uso únicamente de once, que explican una varianza acumulada de 67,57% del total de las variables contenidas en la categoría, y mantienen una desviación estándar y un valor único superior a uno. La información detallada de esto se muestra en el cuadro 25, el cual resume los principales resultados para los componentes utilizados.

Cuadro 25. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de maquinaria y equipo

	Nombre del componente	Desviación estándar	Valores únicos	Proporción de varianza	Proporción Acumulada
PC1	Maquinaria y equipo 1	2.2223	4.9385	0.1646	0.1646
PC2	Maquinaria y equipo 2	1.6548	2.7383	0.0912	0.2559
PC3	Maquinaria y equipo 3	1.4961	2.2385	0.0746	0.3305
PC4	Maquinaria y equipo 4	1.3285	1.7649	0.0588	0.3893
PC5	Maquinaria y equipo 5	1.2619	1.5925	0.0530	0.4424
PC6	Maquinaria y equipo 6	1.1766	1.3845	0.0461	0.4885
PC7	Maquinaria y equipo 7	1.1155	1.2443	0.0414	0.5300
PC8	Maquinaria y equipo 8	1.0931	1.1949	0.0398	0.5698
PC9	Maquinaria y equipo 9	1.0545	1.1119	0.0370	0.6069
PC10	Maquinaria y equipo 10	1.0210	1.0425	0.0347	0.6417
PC11	Maquinaria y equipo 11	1.0097	1.0196	0.0339	0.6757

Fuente. Elaboración propia.

La información presentada en el cuadro 25, se explica gráficamente a través del porcentaje de varianza que cada nuevo componente aporta y la direccionalidad que toma el comportamiento de las respuestas presentadas como vectores, en la cual, el nuevo eje X confiere un aporte de varianza de 16,5%, no obstante, el elevado número de componentes generado, muestra al igual que los análisis previos, direccionalidades

opuestas, haciendo entender que la presencia de información en estas dimensiones, confiere la ausencia de la misma en otra.

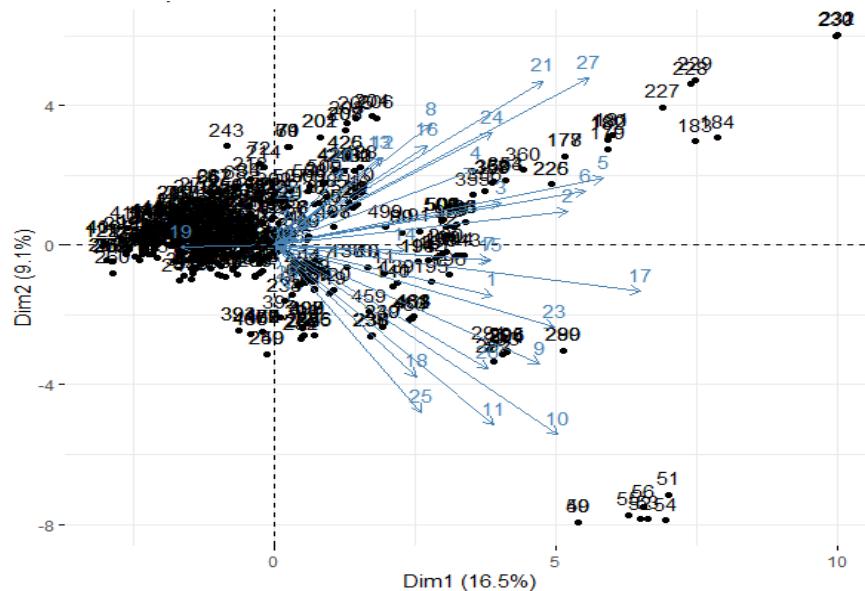


Figura 8. Comportamiento de respuestas evaluadas en la categoría de maquinaria y equipo
Fuente. Elaboración propia.

IV. Infraestructura

Los resultados obtenidos ACP generaron un total de 19 nuevos componentes. Para esta investigación, se va a hacer uso de ocho de estos, los cuales explican un 69,58% del total de variables entendidas dentro de infraestructura y que cumplen con el criterio de selección de desviación estándar y valores únicos. La información detallada de esto se muestra en el cuadro 26, el cual resume los principales resultados para los componentes utilizados.

Cuadro 26. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de infraestructura

Nombre del componente		Desviación estándar	Valores únicos	Proporción de varianza	Proporción Acumulada
PC1	Tierra (área)	1.8512	3.4269742	0.1804	0.1804
PC2	Infraestructura principal	1.4433	2.0830214	0.1096	0.2900
PC3	Infraestructura principal 2	1.36880	1.8736267	0.09861	0.38861
PC4	Equipos indirectos	1.12559	1.2669556	0.06668	0.45529
PC5	Infraestructura PC5	1.11850	1.2510456	0.06584	0.52114
PC6	Infraestructura PC6	1.08429	1.1756771	0.06188	0.58302
PC7	Infraestr para R.N	1.06190	1.1276281	0.05935	0.64236
PC8	Otras infraestructuras	1.00779	1.0156421	0.05345	0.69582

Fuente. Elaboración propia.

El análisis gráfico de los componentes principales de la infraestructura, al igual que los análisis anteriores, permite detallar el comportamiento de la varianza en cada una de las dimensiones, mientras que la gran concentración de respuestas para las variables en una sección de la gráfica, explican el alto porcentaje de varianza que generó inicialmente los componentes principales.

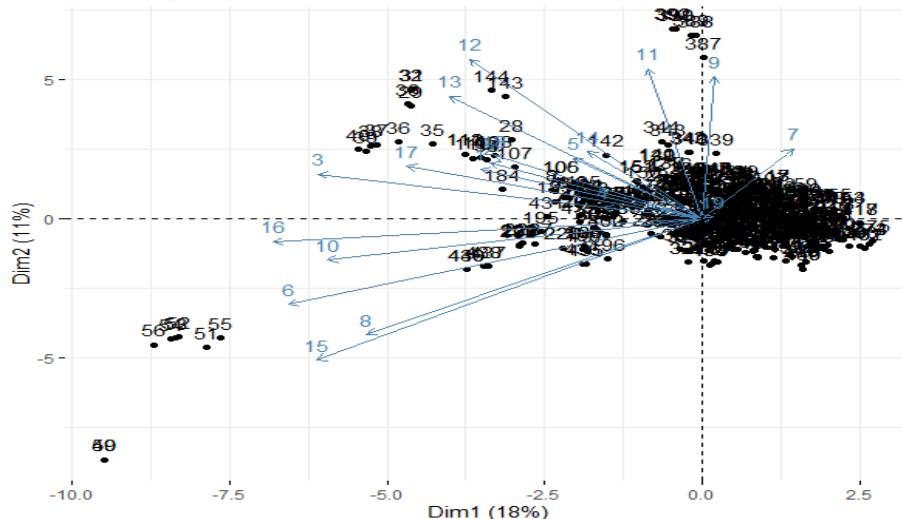


Figura 9. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de infraestructura. Fuente. Elaboración propia.

V. Financiero

El apartado de variables financieras representa una de las categorías con menor cantidad de subpartidas evaluadas, por lo que, el análisis de componentes principales generó únicamente cuatro nuevas variables, de las cuales, se va a utilizar la primera de estas, que explica un 30% del total de varianza. La información detallada de esto se muestra en el cuadro 27, el cual resume los principales resultados.

Cuadro 27. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de datos financieros

Nombre del componente	Desviación Estándar	Valores únicos	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	Alta exigibilidad	1.1031	1.2168	0.3042

Fuente. Elaboración propia

Respecto a la direccionalidad y el comportamiento de las respuestas para las variables financieras, lo más destacable de la generación grafica de esto, se fundamenta en la relación del componente cuatro y los tres primeros, ya que la ausencia de contexto dentro de la subpartida “Otros Financieros” deja muy abierto la posibilidad de respuestas para

este vector, por lo que se desapega en gran medida del componente bancario que relaciona a estos componentes.

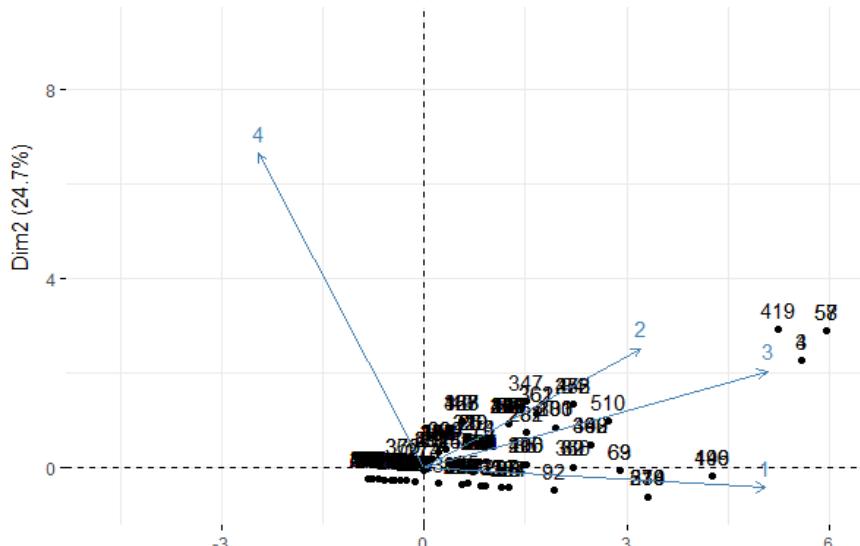


Figura 10. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de datos financieros
Fuente. Elaboración propia

VI. Combustibles

La utilización de componentes principales para la categoría de combustibles, se reduce a dos de los cinco componentes generados inicialmente, los cuales tienen la capacidad de explicar un 50,82% del total de la varianza, y simultáneamente, cumplen con los criterios de selección referentes a desviación estándar y valores únicos. El análisis de estos dos componentes se explica en el cuadro 28.

Cuadro 28. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de combustibles

	Nombre del componente	Desviación Estándar	Valores únicos	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	Combustibles primarios	1.1961	1.430757	0.2862	0.2862
PC2	Otros combustibles	1.0536	1.110045	0.2220	0.5082

Fuente. Elaboración propia

A nivel gráfico, la figura 11, presenta el comportamiento de los combustibles, los cuales mantienen una dirección relativamente similar en las dimensiones uno y dos, ya que las opciones principales referentes a esta categoría están basadas en hidrocarburos, por lo que el consumo de ambos se discrimina únicamente por factores mecánicos y de volumen de consumo

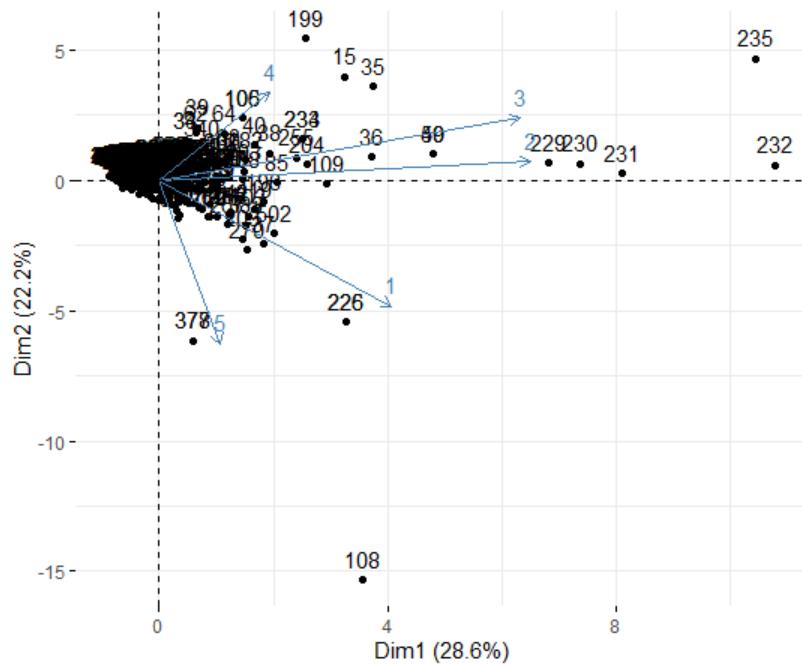


Figura 11. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de combustible Fuente. Elaboración propia

VII. Servicios Fijos

La categoría de servicios fijos evaluada, cuenta con un total de nueve subpartidas dentro de las que se evalúan aspectos como mantenimiento, transporte, internet, servicios telefónicos, entre otros. Esta información, generó un total de ocho componentes principales, de los cuales, para esta investigación, se van a utilizar cuatro grupos nuevos de variables, que representan un 57,47% de variabilidad del total de subpartidas de la categoría. El análisis de estos componentes se explica en el cuadro 29

Cuadro 29. . Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de servicios fijos

Nombre del componente	Desviación estándar	Valores únicos	Proporción de varianza	Proporción Acumulada
PC1 Comunicaciones	1.1374	1.293776	0.1617	0.1617
PC2 Transportes	1.0798	1.165950	0.1457	0.3075
PC3 Otros S.F	1.0460	1.094036	0.1368	0.4442
PC4 Administrativos	1.0217	1.043929	0.1305	0.5747

Fuente. Elaboración propia

El análisis gráfico presentado en la figura 12 de componentes principales para servicios fijos, muestra que existen una serie de componentes los cuales se alejan de la direccionalidad de la gran mayoría de respuestas, sin embargo, la alta concentración de

variables presentada en un solo punto expone como únicamente cuatro componentes explican más de la mitad de la varianza.

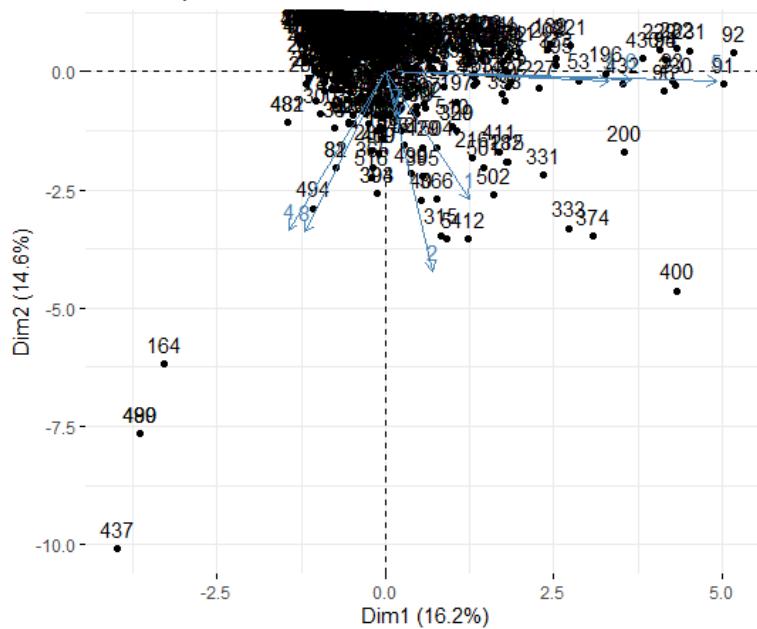


Figura 12. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de servicios fijos
Fuente. Elaboración propia

VIII. Impuestos y Cargas

En el caso de los impuestos y cargas, el ACP generó una totalidad de siete nuevos componentes, no obstante, para la ejecución de esta investigación, se hace uso exclusivamente de los tres primeros, los cuales expresan de manera acumulada un 51,43% de varianza del total de variables. El análisis de los tres componentes se explica en el cuadro 30.

Cuadro 30. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de impuestos y cargas

	Nombre del componente	Desviación estándar	Valores únicos	Proporción de varianza	Proporción Acumulada
PC1	Inversión en transporte	1.2174	1.4821352	0.2117	0.2117
PC2	Venta de animales	1.0365	1.0743534	0.1535	0.3652
PC3	Seguros voluntarios	1.0215	1.0433775	0.1490	0.5143

Fuente. Elaboración propia

La figura 13, detalla en la información mostrada previamente, como la dimensión uno alcanza la posición del nuevo eje X, debido al elevado porcentaje de varianza que explica con respecto a los demás componentes. Algunos componentes, que no se toman en esta investigación, presentan características opuestas entre ellos, como lo es el caso del vector

siete y cinco, los cuales son opuestos e implican que los comportamientos de las respuestas se volvieron excluyentes una de la otra.

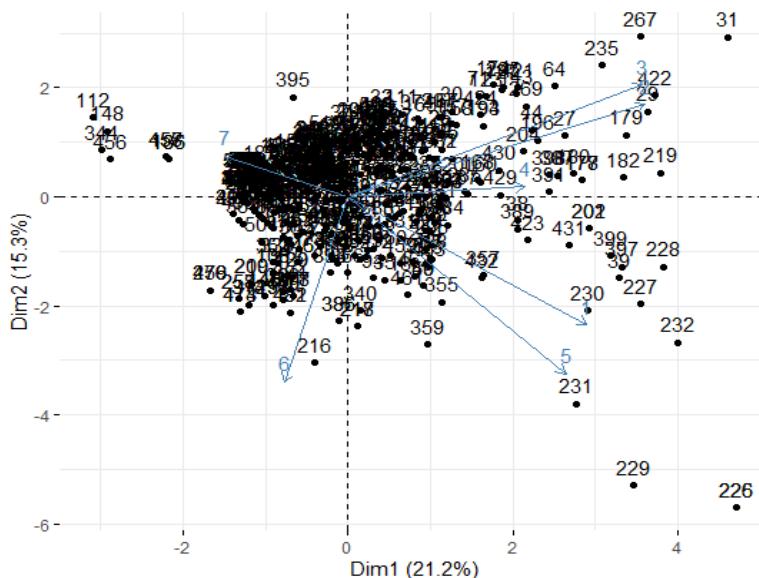


Figura 13. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de impuestos y carga

Fuente. Elaboración propia.

IX. Animales

Para esta categoría, el análisis genera seis nuevos grupos de variables a través de los componentes principales, de los cuales, el CP1, CP2 y CP3, representa un 55,36% de varianza acumulada. Estas dimensiones cumplen con una desviación estándar superior a uno y un valor único superior a los demás componentes, resultado del movimiento de vectores hacia el nuevo eje. El cuadro 31, muestra detalladamente la información referente a los tres componentes seleccionados.

Cuadro 31. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de animales

Nombre del componente	Desviación estándar	Valores únicos	Proporción de varianza	Proporción Acumulada
PC1 Machos	1.0988	1.2074381	0.2012	0.2012
PC2 Hembra	1.0425	1.0867264	0.1811	0.3824
PC3 Animales secundarios	1.0136	1.0273473	0.1712	0.5536

Fuente. Elaboración propia

La visualización de los componentes principales para esta categoría, se da en la figura 14, la cual muestra que el comportamiento de las respuestas obtenidas, tienen dos diferentes

patrones, los cuales se podrían asociar directamente a los sistemas productivos típicos de las fincas ganaderas, no obstante, se destaca el vector seis, el cual se desapega totalmente del resto de dimensiones, mostrando direccionalidad de respuestas totalmente opuestas.

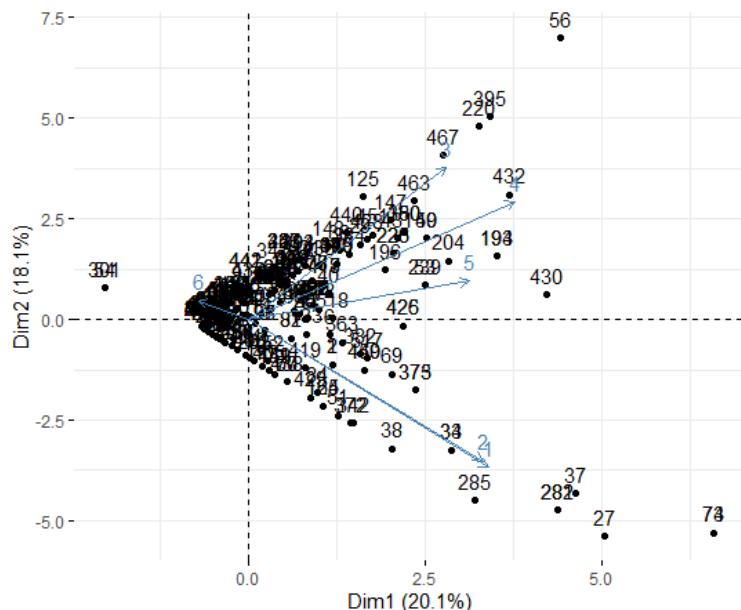


Figura 14. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de animales
Fuente. Elaboración propia.

X. Alimentación

Los resultados obtenidos del análisis de componentes principales, generó un total de 12 nuevos componentes siendo los más importante para esta investigación los primeros seis, los cuales representan una proporción de varianza acumulada de 59,16%. Estos componentes cumplen las características de desviación estándar y valor único superiores a uno. El cuadro 32, detalla el resumen de información más relevante para cada uno de los componentes.

Cuadro 32. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría alimentos

	Nombre del componente	Desviación estándar	Valores únicos	Proporción de varianza	Proporción Acumulada
PC1	Alimentos principales	1.2984	1.685806	0.1405	0.1405
PC2	Alimentos secundarios	1.1026	1.215813	0.1013	0.2418
PC3	Alimentos PC3	1.05061	1.103789	0.09198	0.33378
PC4	Pastos	1.03708	1.075542	0.08963	0.42341
PC5	Alimento complementario	1.00896	1.018002	0.08483	0.50825
PC6	Alimentos indirectos	1.00033	1.000669	0.08339	0.59164

Fuente. Elaboración propia

La visión gráfica mostrada en la figura 15, permite mostrar desde una perspectiva de mayor claridad como el comportamiento de las respuestas para diferentes subpartidas son totalmente opuestas, sin embargo, de manera similar a análisis previos, la alta concentración de variables en una zona del gráfico explica el alto porcentaje de variación de los componentes seleccionados.

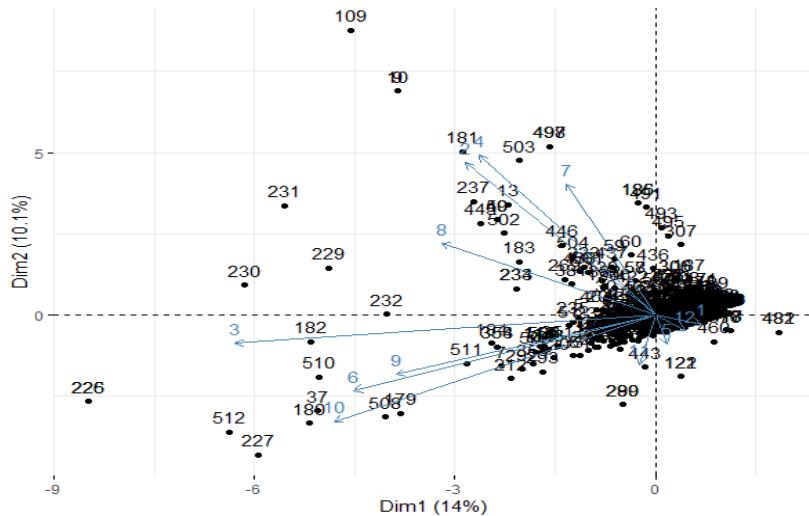


Figura 15. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de alimentos
Fuente. Elaboración propia.

XI. Sanidad

El análisis de componentes principales para las variables de salud y sanidad animal, mostró un total de 19 grupos para evaluar la categoría, no obstante, para el objetivo de esta investigación, únicamente se va a hacer uso de los componentes: PC1, PC2, PC3, PC4, PC5, PC6 y PC7, los cuales representan una varianza acumulada de 57,69%. La información de cada componente se presenta detalladamente en el cuadro 33.

Cuadro 33. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría sanidad

	Nombre del componente	Desviación estándar	Valores únicos	Proporción de varianza	Proporción Acumulada
PC1	Sanidad PC1	1.915	3.6670203	0.193	0.193
PC2	Vacunas y relacionados	1.23832	1.5334459	0.08071	0.27371
PC3	Vacunas	1.15187	1.3268092	0.06983	0.34354
PC4	Sanidad PC4	1.10142	1.2131362	0.06385	0.40739
PC5	Rehidratantes	1.06211	1.1280769	0.05937	0.46676
PC6	Sueros	1.03664	1.0746196	0.05656	0.52332
PC7	Sanidad PC7	1.00953	1.0191563	0.05364	0.57696

Fuente. Elaboración propia.

Desde el ámbito gráfico, al igual que otras categorías expuestas, la figura 16 presenta variables con comportamientos opuestos en sus respuestas, sin embargo, la mayoría de las respuestas mantienen una direccionalidad y una alta concentración de respuestas en un mismo cuadrante, lo que explica la alta variación de los componentes seleccionados.

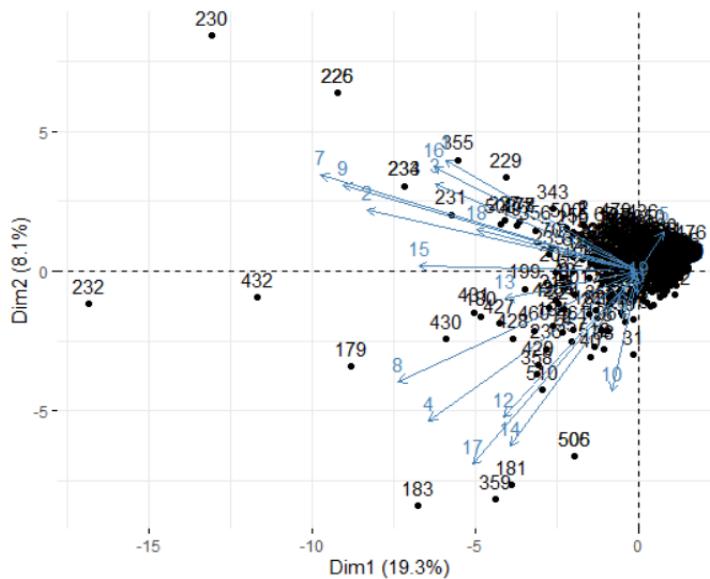


Figura 16. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de sanidad
Fuente. Elaboración propia.

XII. Servicios Variables

El apartado de servicios variables en la toma de datos, incluyó una serie de subpartidas como el consumo de metros cúbicos de agua, o kilowatts de electricidad. Al generar los componentes principales para esto, se obtuvo siete resultados, de los cuales, de acuerdo a los criterios de selección de desviación estándar y valores únicos, se utilizan únicamente cuatro componentes que representan una proporción de varianza acumulada de 72,02%. Estos detalles se muestran en el cuadro 34 sobre el resumen de datos para cada CP.

Cuadro 34. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de servicios variables

Nombre del componente	Desviación estándar	Valores únicos	Proporción de varianza	Proporción Acumulada
PC1 Gastos variables	1.3964	1.9499401	0.2786	0.2786
PC2 Serv. Var. PC2	1.0274	1.0555060	0.1508	0.4294
PC3 Ser. Profes. Vetern	1.0141	1.0284339	0.1469	0.5763
PC4 Serv. Var. PC4	1.0038	1.0076263	0.1439	0.7202

Fuente. Elaboración propia

Similar a otros análisis, algunos comportamientos de las respuestas generan vectores opuestos, en donde las respuestas son contrarias entre ellos, no obstante, se debe resaltar que el movimiento de las variables entre ellas fue poco, por lo que se da uno de los más altos coeficiente de varianza en una zona concentrada de la figura 17.

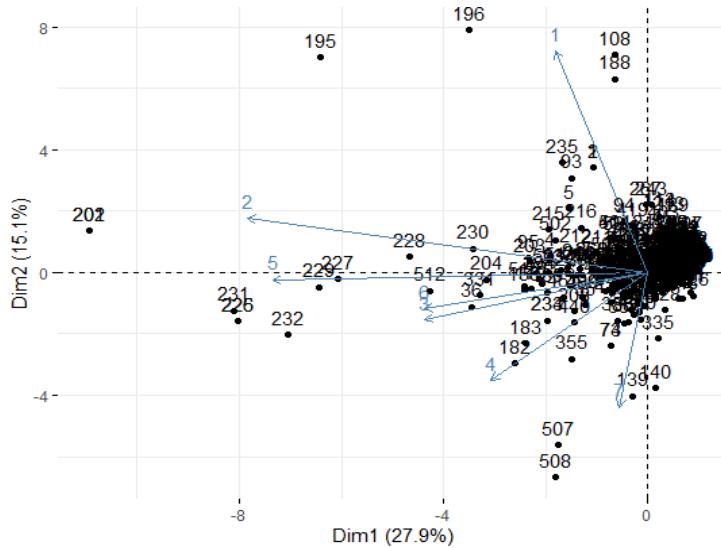


Figura 17. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de servicios variables

Fuente. Elaboración propia.

XIII. Trazabilidad

El ACP dentro de la categoría de trazabilidad, dio como resultado tres componentes, de los cuales, únicamente el CP1 implica una proporción de varianza de 38,13% y cumple con los criterios de selección utilizados, por lo que va a ser el insumo a recurrir para el desarrollo de indicadores de esta investigación. El cuadro 35, muestra las características de este componente en cuanto a desviación estándar, proporción de varianza y valor único.

Cuadro 35. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de trazabilidad

Nombre del componente	Desviación Estándar	Valores únicos	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	Trazabilidad	1.0695	1.1438892	0.3813

Fuente. Elaboración propia

La información gráfica para este componente, destaca la direccionalidad del componente tres, como un vector totalmente desapegado a los demás, sin embargo, al incluir la variable “Otras trazabilidad”, la cual ha sido medida en términos de dinero, se deja abierta la posibilidad a diferentes tipos de respuesta, por lo que se refleja de esta forma en la figura 18

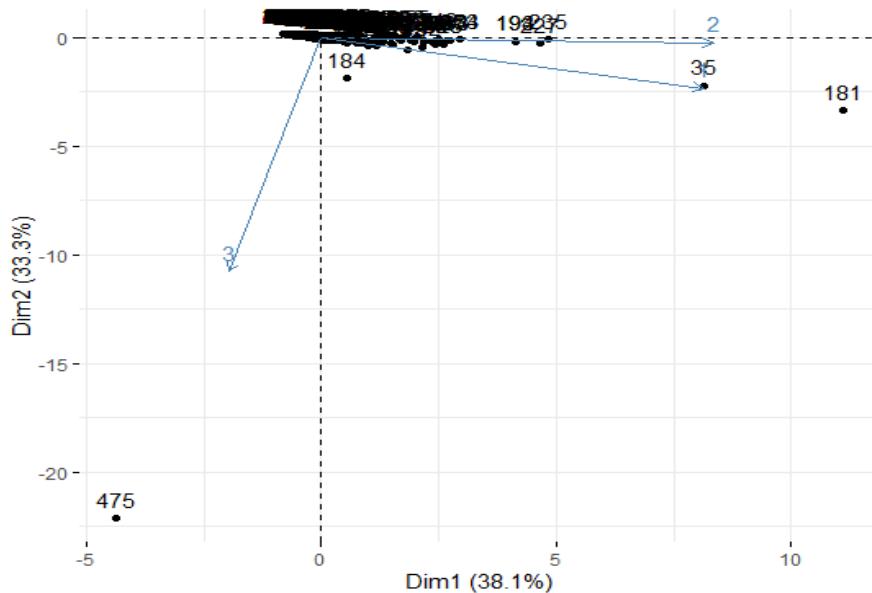


Figura 18. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de trazabilidad
Fuente. Elaboración propia.

XIV. Reproducción

Los resultados obtenidos del análisis para la categoría de reproducción, expusieron una totalidad de seis componentes principales, sin embargo, al igual que los análisis previos y de acuerdo a los criterios de uso, se parte únicamente de tres componentes (CP1, CP2 y CP3) como insumos para analizar esta categoría, ya que las proporciones acumuladas de varianza representan más de un 60% del total de variables que componen la categoría. Dichos valores se detallan en el cuadro 36.

Cuadro 36. Resumen del análisis de componentes principales para la categoría de reproducción

Nombre del componente	Desviación estándar	Valores únicos	Proporción de varianza	Proporción Acumulada
PC1 Equipos de inseminación	1.3610	1.8523	0.3087	0.3087
PC2 Otro equipo de reproducción	1.0088	1.0177	0.1696	0.4784
PC3 Trasplante de embriones	1.0002	1.0004	0.1667	0.6451

Fuente. Elaboración propia

En términos de análisis gráfico, el comportamiento de las respuestas obtenidas en esta categoría se muestra en la figura 19, la cual mantiene una direccionalidad muy similar, y explica las elevadas proporciones de varianza en pocos componentes, sin embargo, afín a las categorías previas, la posibilidad de respuesta en “Otros”, refleja de forma ligera un vector atípico a las demás variables.

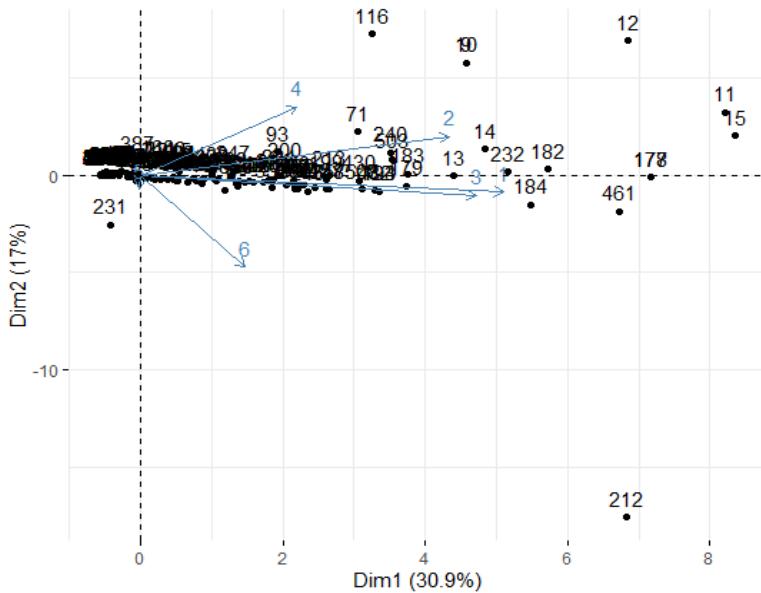


Figura 19. Comportamiento de las respuestas evaluadas en la categoría de reproducción
Fuente. Elaboración propia

10.7 Elaboración de indicadores a partir de componentes principales

Para la generación de indicadores, se realiza una ponderación de los componentes principales expuestos anteriormente, lo cual permite explicar porcentualmente el aporte de cada una de las variables a las categorías de la investigación. Resultado de esto se obtienen 14 indicadores de categorías y múltiples subindicadores que detallan a cada uno de estos.

10.7.1 Cálculo de indicadores para salarios

Para la categoría de salarios, se obtiene un indicador estimado como resultado del valor porcentual que representa la suma de cada componente dentro de la sumatoria total de componentes. Esta metodología se replica de igual forma para todas las categorías.

$$\text{Salarios} = 49,49\% \times \text{Salarios formales} + 50,51\% \times \text{Salarios informales}$$

Este indicador de salarios se desagrega específicamente en dos subindicadores, los cuales se explican con los datos mostrados en el cuadro 37. Dichos indicadores son:

$$S. \text{ formales} = 40,35\% \times \text{Sal oper} + 32,17\% \times C.S + 27,48\% \times \text{Sal admtr}$$

$$S. \text{ informales} = 54,85\% \times M.O \text{ Fam} + 31,93\% \times \text{Otro salr} + 13,22\% \times C.S$$

Cuadro 37. Ponderación de variables para la categoría de salarios

Categoría	CP	Variables	% contr (A)	$\sum (A)$	Nombre del CP	Ponderación
						$(A / \sum(A)) * 100$
Salarios	PC1	Salario operativo	38,20	94,66	Salarios	40,35
		Cargas sociales	30,45		formales	32,17
		Salarios administr	26,01			27,48
	PC2	M.O familiar	53,01	96,63	Salarios	54,85
		Otros Salario	30,85		informales	31,93
		Cargas sociales	12,77			13,22

Fuente. Elaboración propia.

10.7.2 Cálculo de indicadores para terreno

De manera similar a la categoría anterior, la generación de indicadores para el apartado de terrenos muestra un indicador principal, el cual se compone de los cinco principales grupos de variables.

$$\begin{aligned}
\text{Terreno} = & 28,99\% \times \text{Oblig banc} + 18,59\% \times \text{Ins}_{terr} + 23,44\% \times \text{Otr ins} \\
& + 23,45\% \times \text{Gast Dirts Terr} + 5,53\% \times \text{Otrs Gast Terr}
\end{aligned}$$

La desagregación de este indicador principal, se divide en cinco subindicadores, los cuales permiten determinar el aporte de cada uno de componentes principales para la categoría. Dichos subindicadores se muestran junto con el cuadro 38, la cual especifica cada componente.

$$\text{Oblig bancar} = 41,02\% \times \text{G. F. B} + 30,41\% \times \text{Amort terr} + 28,57\% \times \text{Cuot terr}$$

$$\text{Ins terr} = 45,10\% \times \text{Otr Gast Terr} + 31,79\% \times \text{Semilla} + 28,57\% \times \text{Herbicida}$$

$$\text{Otro Insumos} = 52,96\% \times \text{Cal} + 26,56\% \times \text{Semilla} + 20,48\% \times \text{Otros Terreno}$$

$$\text{Gasto. Direct. Terren} = 38,18\% \times \text{Alq} + 35,22\% \times \text{Herb} + 26,60\% \times \text{Cst Vet. Op}$$

$$\text{Otros. Gast. Terr} = 39,99\% \times \text{Cuot x Terr} + 35,46\% \times \text{Semill} + 24,55\% \times \text{C. V. O}$$

Cuadro 38. Ponderación de variables para la categoría de terreno

Categoría	CP	Variables	% contr	$\sum (A)$	Nombre del	Ponderación
			(A)		PC	$(A / \sum(A)) * 100$
Terreno	PC1	Gasto form banc	37,04	90,3	Obligaciones	41,02
		Amort terreno	27,46		bancarias	30,41
		Cuotas terreno	25,80			28,57
	PC2	Otros gastos	26,12	57,91	Insumos	45,10
		terren			para terreno	
		Semilla	18,41			31,79
	PC3	Herbicida	13,38			23,10
		Cal	38,66	73,00	Otros	52,96
		Semilla	19,39		insumos	26,56
	PC4	Otros terreno	14,95			20,48
		Alquiler	27,89	73,05	Gastos	38,18
		Herbicida	25,73		directos de	35,22
	PC5	Cost Vet de Oper	19,43		terreno	26,60
		Cuotas por terreno	6,89	17,23	Otros gastos	39,99
		Semilla	6,11		de terreno	35,46
		Cost Vet de Operc	4,23			24,55

Fuente. Elaboración propia

10.7.3 Cálculo de indicadores para maquinaria y equipo

La estimación de indicadores referentes a maquinarias y equipos, muestran al igual que los apartados anteriores, un indicador que contempla todos los componentes principales utilizados para la elaboración del modelo econométrico.

El indicador principal para esta categoría se explica a continuación.

$$\begin{aligned} \mathbf{Maq \ y \ Equip} = & 6,46\% \times \mathbf{M.E1} + 8,59\% \times \mathbf{M.E2} + 10,64\% \times \mathbf{M.E3} + 3,21\% \times \mathbf{M.E4} \\ & + 8,50\% \times \mathbf{M.E5} + 10,98\% \times \mathbf{M.E6} + 10,56\% \times \mathbf{M.E7} + 10,34\% \\ & \times \mathbf{M.E8} + 5,56\% \times \mathbf{M.E9} + 13,85\% \times \mathbf{M.E10} + 11,31\% \times \mathbf{M.E11} \end{aligned}$$

Esta categoría permite desarrollar un total de 11 subindicadores, para los cuales, el CP10 representa el mayor porcentaje de contribución del total de componentes. El detalle para cada subindicador se muestra en el cuadro 39.

$$\mathbf{M.E \ 1} = 39,49\% \times \mathbf{Tatuad} + 31,78\% \times \mathbf{Bomb \ agua} + 28,73\% \times \mathbf{Mesa \ volt}$$

$$\mathbf{M.E \ 2} = 37,39\% \times \mathbf{Equipo \ Ordeño} + 33,52\% \times \mathbf{Fierro} + 29,09\% \times \mathbf{Arado}$$

$$\mathbf{M.E \ 3} = 36,55\% \times \mathbf{Rastra} + 36,07\% \times \mathbf{Lector \ Trazb} + 27,37\% \times \mathbf{Tractor}$$

$$\mathbf{M.E \ 4} = 50,40\% \times \mathbf{Descrnd} + 32,40\% \times \mathbf{Impuls} + 17,20\% \times \mathbf{Cortad \ pasto}$$

$$\mathbf{M.E \ 5} = 56,38\% \times \mathbf{Motocicleta} + 22,40\% \times \mathbf{Picadora} + 21,22\% \times \mathbf{Termos}$$

$$\mathbf{M.E \ 6} = 50,99\% \times \mathbf{Tanq \ enfrim} + 31,48\% \times \mathbf{Arethead} + 17,52\% \times \mathbf{Pararry}$$

$$\mathbf{M.E \ 7} = 50,46\% \times \mathbf{Impuls} + 29,81\% \times \mathbf{Cuadrac} + 19,73\% \times \mathbf{Bomb \ de \ agu}$$

$$\mathbf{M.E \ 8} = 38,35\% \times \mathbf{Descrn} + 35,78\% \times \mathbf{Herrm. \ varias} + 25,87\% \times \mathbf{Tractor}$$

$$\mathbf{M.E \ 9} = 37,05\% \times \mathbf{Motosrra} + 33,00\% \times \mathbf{Herrm. \ vars} + 29,96\% \times \mathbf{Impuls}$$

$$\mathbf{M.E \ 10} = 56,23\% \times \mathbf{Parrays} + 27,67\% \times \mathbf{Otrs \ M.E} + 16,09\% \times \mathbf{Rpst \ vars}$$

$$\mathbf{M.E \ 11} = 43,85\% \times \mathbf{Motosierr} + 29,19\% \times \mathbf{Picadora} + 26,97\% \times \mathbf{Prensa}$$

Cuadro 39. Ponderación de variables para la categoría de maquinaria y equipo

Categoría	PC	Variables	% contr (A)	$\sum (A)$	Nombre del PC	ponderación
						$(A / \sum (A)) * 100$
Máquina y equipo	PC1	Tatuadora	9,98	25,27	Maq y equip 1	39,49
		Bomba de agua	8,03			31,78
		Mesa de volteo	7,26			28,73
	PC2	Equip ordeño	12,56	33,59	Maq y equip 2	37,39
		Fierro	11,26			33,52
		Arado	9,77			29,09
	PC3	Rastra	15,21	41,61	Maq y equip 3	36,55
		Lector trazab	15,01			36,07
		Tractor	11,39			27,37
	PC4	Descornadora	6,33	12,56	Maq y equip 4	50,40
		Impulsor	4,07			32,40
		Cortad de pasto	2,16			17,20
	PC5	Motocicleta	18,73	33,22	Maq y equip 5	56,38
		Picadora	7,44			22,40
		Termos	7,05			21,22
	PC6	Tanq enfriamt	21,88	42,91	Maq y equip 6	50,99
		Areteadora	13,51			31,48
		Pararrayos	7,52			17,52
	PC7	Impulsor	20,84	41,30	Maq y equip 7	50,46
		Cuadraciclo	12,31			29,81
		Bomba de agua	8,15			19,73
	PC8	Descornadora	15,51	40,44	Maq y equip 8	38,35
		Herramient var	14,47			35,78
		Tractor	10,46			25,87
PC9	Motosierra	8,05	21,73			37,05

	Herramient var	7,17		Maq y equip 9	33,00
	Impulsor	6,51			29,96
PC10	Pararrayos	30,44	54,13	Maq y equip 10	56,23
	Otr equip maq	14,98			27,67
	Repuest varios	8,71			16,09
PC11	Motosierra	19,38	44,20	Maq y equip 11	43,85
	Picadora	12,90			29,19
	Prensa	11,92			26,97

Fuente. Elaboración propia.

10.7.4 Cálculo de indicadores para infraestructura

El indicador generado para explicar la infraestructura, se encuentra compuesto por un total de ocho componentes principales, los cuales involucran variables como tierra, equipos, instalaciones e infraestructura para recursos naturales, entre otros.

$$\begin{aligned}
 \text{Infraestr} = & 11,64\% \times \text{Tierra.área} + 10,26\% \times \text{Infrst princ} + 8,47\% \\
 & \times \text{Infrst princ 2} + 11,54\% \times \text{Equip indirct} + 11,43\% \\
 & \times \text{Infrst PC5} + 12,89\% \times \text{Infrst PC6} + 15,10\% \times \text{Infrst R.N} \\
 & + 18,68\% \times \text{Otrs infrst}
 \end{aligned}$$

Los subindicadores de los cuales se obtiene el indicador principal, se muestran a continuación junto con el cuadro 40, la cual detalla las variables involucradas en cada componente.

$$\text{Tierra.área} = 28,23\% \times \text{Camin} + 26,32\% \times \text{Alamb púa} + 22,80\% \times \text{Árbol cerca}$$

$$\text{Infrst Princ} = 37,34\% \times \text{Comeders} + 33,12\% \times \text{Sal ordeñ} + 29,55\% \times \text{Biodigest}$$

$$\text{Infrst Princ 2} = 40,02\% \times \text{Quesera} + 30,39\% \times \text{Corral} + 29,69\% \times \text{Panel solar}$$

$$\text{Equip indrt} = 35,26 \times \text{Biodigst} + 32,59\% \times \text{Tub. Rieg} + 32,15\% \times \text{Alamb electr}$$

$$\text{Infrst PC5} = 43,64\% \times \text{Corral} + 29,81\% \times \text{Fuent agua} + 26,66\% \times \text{Alamb electr}$$

$$\text{Infrst PC6} = 40,48\% \times \text{Fuent agua} + 35,54\% \times \text{Panl solr} + 23,98\% \times \text{Abrevadr}$$

$$\text{Infrst R.N} = 49,36\% \times \text{Quesera} + 25,54\% \times \text{Tanq agua} + 25,10\% \times \text{Biodigst}$$

Cuadro 40. Ponderación de variables para la categoría de infraestructura

Categoría	CP	Variables	% contr (A)	Σ (A)	Nombre del CP	Ponderación (A / Σ(A))*100
Infraestructura	PC1	Caminos	14,18	50,23	Tierra	28,23
		Alambre púas	13,22		(área)	26,32
		Árboles cerca	11,45			22,80
		Bodega	11,38			22,66
	PC2	Comederos	16,54	44,30	Infraestruc principal	37,34
		Sala de ordeño	14,67			33,12
		Biodigestor	13,09			29,55
	PC3	Quesera	14,63	36,56	Infraestruc principal 2	40,02
		Corral	11,11			30,39
		Paneles solares	10,82			29,60
	PC4	Biodigestor	17,56	49,80	Equipos indirecto	35,26
		Tuberías y riego	16,23			32,59
		Alambre electr	16,01			32,15
	PC5	Corral	21,53	49,34	Infraestruc PC5	43,64
		Fuentes de agua	14,71			29,81
		Alambre electr	13,10			26,55
	PC6	Fuentes de agua	22,53	55,66	Infraestruc PC6	40,48
		Paneles solares	19,78			35,54
		Abrevaderos	13,35			23,98
	PC7	Quesera	32,17	65,18	Infraestruct para R.N	49,36
		Tanque de agua	16,65			25,54
		Biodigestor	16,36			25,10
	PC8	Otras infraestr	80,63	80,63	Otras Infrst	100

Fuente. Elaboración propia.

10.7.5 Cálculo de indicadores para categoría de variables financieras

En el caso de las variables financieras, se crea un indicador a partir de únicamente un componente principal, el cual permite explicar el aporte de las amortizaciones, cuotas bancas y comisiones bancarias a la categoría. Dichos valores se explican en el cuadro 41

$$Financ = 41,75\% \times Amort + 41,28\% \times Cuot banc + 16,96\% \times Comis banc$$

Cuadro 41. Ponderación de variables para la categoría de variables financieras

Categoría	CP	Variables	% contr (A)	$\sum (A)$	Nombre del PC	Ponderación (A / $\sum (A)$) * 100
Financieros	PC1	Amortz	38,15	91,37	Alta	41,75
		Cuotas Banc	37,72		exigibilidad	41,28
		Comisiones	15,50			16,96

Fuente. Elaboración propia

10.7.6 Cálculo de indicadores para categoría de combustibles

El indicador creado para la categoría de combustibles, se crea en función de explicar los combustibles primarios (diésel y gasolina) y el aporte de otras sustancias carburantes como lo es el caso del queroseno.

$$Combustibles = 50,83\% \times Combust primario + 49,17\% \times Otros combust$$

Los subindicadores para esta categoría se dividen en dos indicadores, los cuales se explican detalladamente el cuadro 42, la cual explica las ponderaciones que permiten conformar cada uno los aportes.

$$Combust prim = 42,73\% \times Diésel + 40,56\% \times Aceite + 16,72\% \times Gasolina$$

$$Otros combust = 53,17\% \times Otrs combust + 31,59\% \times Gasolin + 15,23\% \times canf$$

Cuadro 42. Ponderación de variables para la categoría de combustibles

Categoría	CP	Variables	% contr (A)	$\sum (A)$	Nombre del PC	Ponderación (A / $\sum (A)$) * 100
Combustible	PC1	Diésel	40,72	95,30	Combustibles	42,73
		Aceite	38,65		primarios	40,56
		Gasolina	15,93			16,72
	PC2	Otrs combust	49,01	92,17	Otros	53,17
		Gasolina	29,12		combustibles	31,59
		Canfín	14,04			15,23

Fuente. Elaboración propia

10.7.7 Cálculo de indicadores para categoría de servicios fijos

La construcción del indicador para los servicios fijos, de igual forma que las categorías previas, muestra una construcción ponderada a partir de los subindicadores creados desde los componentes principales obtenidos.

$$\begin{aligned} \text{Serv. Fij} = & 27,22\% \times \text{Comunicaciones} + 25,20\% \times \text{Transportes} + 22,96\% \\ & \times \text{Otros Servicios Fijos} + 24,62\% \times \text{Administrativos} \end{aligned}$$

Los subindicadores para esta categoría, se explican detalladamente en conjunto con los datos mostrados en el cuadro 43, los cuales presentan los valores ponderados de cada variable involucrada en los componentes principales.

$$\text{Comunicaciones} = 49,77\% \times \text{Telf} + 27,48\% \times \text{Internt} + 22,75\% \times \text{Serv adminst}$$

$$\text{Trasnspor} = 43,95\% \times \text{Trnsport} + 28,31\% \times \text{Otrs serv fij} + 27,74\% \times \text{Reparac}$$

$$\text{Otrs S.F} = 47,56\% \times \text{Mantenimiento} + 33,46\% \times \text{Internet} + 18,98\% \times \text{Otros S.F}$$

$$\text{Adminstr} = 73,68\% \times \text{Software} + 15,34\% \times \text{Serv administ} + 10,98\% \times \text{Reparac}$$

Cuadro 43. Ponderación de variables para la categoría de servicios fijos

Categoría	CP	Variables	% contr (A)	$\sum (A)$	Nombre del PC	Ponderación	
						(A / $\sum (A)$) * 100	
Servicios Fijos	PC1	Teléfono	44,66	89,74	Comunicación	49,77	
		Internet	24,66				27,48
		Serv administr	20,42				22,75
	PC2	Transporte	36,51	83,07	Transportes	43,95	
		Otros serv fijos	23,52				28,31
		Reparaciones	23,04				27,74
	PC3	Mantenimiento	36,00	75,70	Otros S.F	47,56	
		Internet	25,33				33,46
		Otros serv fijos	14,37				18,98
	PC4	Software	59,79	81,15	Administrat	73,68	
		Serv administr	12,45				15,34
		Reparaciones	8,91				10,98

Fuente. Elaboración propia

10.7.8 Cálculo de indicadores para categoría de impuestos y cargas

La categoría de impuestos y cargas, permite desarrollar un indicador compuesto por tres variables obtenidas a partir de los componentes principales, los cuales evalúan el aporte específicamente de la inversión en transportes, la venta de animales y los seguros voluntarios.

$$\text{Impuest} = 30,99\% \times \text{Inver transp} + 34,42\% \times \text{Vent animl} + 34,59\% \times \text{Seguros}$$

El análisis específico para cada uno de los subindicadores se muestra junto con el cuadro 44, donde se detallan las variables que conforman cada uno de los componentes principales y su porcentaje de aporte.

$$\text{Invers transp} = 38,14\% \times \text{Marchamo} + 37,29\% \times \text{RTV} + 24,57\% \times \text{imp renta}$$

$$\text{Vent animl} = 41,77\% \times \text{Afilc e inscrp} + 38,28\% \times \text{Porct subst} + 24,57\% \times \text{I.R}$$

$$\text{Seguros volunt} = 48,20\% \times \text{O.I.C} + 27,87\% \times \text{Seguros} + 23,93\% \times \text{Afil e inscrp}$$

Cuadro 44. Ponderación de variables para la categoría de impuestos y cargas

Categoría	CP	Variables	% contr	$\sum (A)$	Nombre	Ponderación
			(A)			
Impuestos y Cargas	PC1	Marchamo	26,80	70,26	Inversión en	38,14
		RTV	26,20		transporte	37,29
		Impuesto de Renta	17,26			24,57
	PC2	Afiliación e inscrip	32,60	78,05	Venta de	41,77
		Porcentaje de subasta	29,88		animales	38,28
		Impuesto de renta	15,57			19,95
	PC3	Otros Impuest y carg	37,81	78,44	Seguros	48,20
		Seguros	21,86		voluntarios	27,87
		Afiliación e inscrip	18,77			23,93

Fuente. Elaboración propia

10.7.9 Cálculo de indicadores para categoría de animales

El análisis de indicadores para la categoría de animales, muestra una composición basada en tres componentes principales, la cual se enfoca en machos, hembras y animales secundarios como caballos y otros.

$$\text{Animales} = 27,61 \times \text{Machos} + 33,24 \times \text{Hembras} + 39,15 \times \text{Animl secund}$$

Los subindicadores creados específicamente para cada uno de los componentes muestra la ponderación del total de contribución de cada uno de los componentes, los cuales se detallan de manera más específica en el cuadro 45.

$$\text{Machos} = 38,63\% \times \text{C. Semental} + 31,39\% \times \text{C. Hembras} + 29,97\% \times \text{C. Machos}$$

$$\text{Hembras} = 35,31\% \times \text{C. vientres} + 33,76\% \times \text{C. Hembras} + 30,92\% \times \text{C. Machos}$$

$$\text{Animales secundarios} = 73,83\% \times \text{Otros animales} + 24,86\% \times \text{Compra caballo}$$

Cuadro 45. Ponderación de variables para la categoría de animales

Categoría	CP	Variables	% contr	$\sum (A)$	Nombre	Ponderación $(A / \sum(A)) * 100$
			(A)			
Animales	PC1	Compra semental	25,88	66,99	Machos	38,63
		Compra hembras	21,03			31,39
		Compra de machos	20,08			29,97
	PC2	Compra vientres	28,48	80,65	Hembras	35,31
		Compra hembras	27,23			33,76
		Compra de machos	24,94			30,92
	PC3	Otros animales	70,13	94,99	Animales secundarios	73,83
		Compra de caballo	24,86			26,17

Fuente. Elaboración propia

10.7.10 Cálculo de indicadores para categoría de alimentación

El indicador principal para la categoría de comestibles se construye a partir de seis componentes principales, el cual involucra los alimentos principales, pastos, alimentos complementarios, entre otros.

$$\begin{aligned}
 \text{Aliment} = & 16,53\% \times \text{Aliment princip} + 17,19\% \times \text{Aliment secund} \\
 & + 16,43\% \times \text{Alimt PC3} + 3,20\% \times \text{Pastos} + 22,56\% \\
 & \times \text{Alimentos complement} + 24,10\% \times \text{Alimt indirectos}
 \end{aligned}$$

De igual forma que los análisis previos, se muestran cada uno de los subindicadores creados a partir de los componentes principales, en los cuales se detallan los valores que los componen en el cuadro 46.

$$\text{Aliment princ} = 47,60\% \times \text{Minerl} + 27,94\% \times \text{Subp. Agric} + 24,47\% \times \text{Concentr}$$

$$\text{Aliment secund} = 38,75\% \times \text{Urea} + 35,19\% \times \text{Melaza} + 26,05\% \times \text{Heno}$$

$$\text{Aliment PC3} = 45,21\% \times \text{Ensilaje} + 28,60\% \times \text{A. n. N} + 26,19\% \times \text{Concentrado}$$

$$\text{Pastos} = 49,02\% \times \text{Concentrado} + 33,36\% \times \text{Banc Forraj} + 17,62\% \times \text{Heno}$$

$$\text{Alimt complemt} = 80,15\% \times \text{Otr alimt} + 11,77\% \times \text{Ensil} + 8,08\% \times \text{Sust lech}$$

$$\text{Alimt indirct} = 69,26\% \times \text{Sust leche} + 23,34\% \times \text{A. n. N} + 7,40\% \times \text{Ensilaje}$$

Cuadro 46. Ponderación de variables para la categoría de animales

Categoría	CP	Variables	% contr (A)	Σ (A)	Nombre del PC	Ponderación (A / Σ(A))*100
Alimentos	PC1	Minerales	31,40	65,97	Alimentos	47,60
		Subprod agrícol	18,43		principales	27,94
		Concentrado	16,14			24,47
	PC2	Urea	26,58	68,59	Alimentos	38,75
		Melaza	24,14		secundario	35,19
		Heno	17,87		s	26,05
	PC3	Ensilaje	29,64	65,56	Aliment	45,21
		Aditi no nutric	18,75		PC3	28,60
		Concentrado	17,17			26,19
	PC4	Concentrado	6,26	12,77	Pastos	49,02
		Banco forrajero	4,26			33,36
		Heno	2,25			17,62
	PC5	Otros alimentos	72,16	90,03	Alimentos	80,15
		Ensilaje	10,60		compleme	11,77
		Sustit de leche	7,27		nt	8,08
	PC6	Sustit de leche	66,63	96,20	Alimentos	69,26
		Aditi no nutric	22,45		indirectos	23,34
		Ensilaje	7,12			7,40

Fuente. Elaboración propia

10.7.11 Cálculo de indicadores para categoría de sanidad

El análisis de indicadores para el apartado de sanidad, se encuentra compuesto por un total de siete componentes principales, los cuales se detallan en el cuadro 47.

$$\begin{aligned}
 \text{Sanidad} = & 6,10\% \times PC1 + 11,95\% \times \text{Vacunas y relacionados} + 15,65\% \\
 & \times \text{Vacunas} + 16,48\% \times PC4 + 13,65\% \times \text{Rehidratantes} \\
 & + 15,44\% \times \text{Sueros} + 20,72\% \times PC7
 \end{aligned}$$

$$\text{Sanidad PC1} = 38,44\% \times \text{Desp. Intr} + 32,25\% \times \text{Antinflm} + 29,31\% \times \text{vac viral}$$

$$\text{Vac y Relac} = 41,24\% \times \text{Agujas} + 33,85\% \times \text{Jering Desch} + 24,91\% \times \text{Vac Viral}$$

$$\text{Vacunas} = 44,12\% \times \text{Vac Antrx} + 28,50\% \times \text{Antidiarreic} + 27,38\% \times \text{Vac Clostr}$$

$$\text{Sanidad PC4} = 50,21\% \times \text{Exam Sanit} + 28,28\% \times \text{Vitm} + 21,52\% \times \text{Otrs sanit}$$

$$\text{Rehidrant} = 35,28\% \times \text{Reconstit} + 33,68\% \times \text{Suero} + 31,05\% \times \text{Antidiarreic}$$

$$Suero = 45,27\% \times Suero + 30,63\% \times Jeringa Desech + 24,10\% \times Suer antiofid$$

$$Sanid PC7 = 48,64\% \times antirrab + 37,92\% \times Suer antiofid + 13,44\% \times antidiar$$

Cuadro 47. Ponderación de variables para la categoría de sanidad

Categoría	PC	Variables	%	$\sum (A)$	Nombre	del	Ponderación
							$(A / \sum(A)) * 100$
			(A)				
Sanidad	PC1	Desparasit interna	9,01	23,44	Sanidad PC1		38,44
		Antinflamatorios	7,56				32,25
		Vacuna viral	6,87				29,31
	PC2	Agujas	18,92	45,88	Vacunas y relacionados		41,24
		Jeringa desechabl	15,53				33,85
		Vacuna viral	11,43				24,91
	PC3	Vacuna ántrax	26,52	60,11	Vacunas		44,12
		Antidiarreico	17,13				28,50
		Vacuna clostridial	16,46				27,38
	PC4	Examen sanitarios	31,78	63,30	Sanidad PC4		50,21
		Vitaminas	17,90				28,28
		Otros sanidad	13,62				21,52
	PC5	Reconstituyente	18,50	52,44	Rehidratantes		35,28
		Suero	17,66				33,68
		Antidiarreico	16,28				31,05
	PC6	Suero	26,84	59,29	Sueros		45,27
		Jeringa desechabl	18,16				30,63
		Suero antiofídico	14,29				24,10
	PC7	Vacun antirrábica	38,71	79,59	Sanidad PC7		48,64
		Suero antiofídico	30,18				37,92
		Antidiarreico	10,70				13,44

Fuente. Elaboración propia

10.7.12 Cálculo de indicadores para categoría de servicios variables

Para esta categoría, se desarrolla un indicador a partir de cuatro componentes principales. Este permite desarrollar los aportes que cada uno de estos tiene con respecto al indicador de servicios variables.

$$Serv Varibl = 23,49\% \times Gastos Variables + 26,85\% \times PC2 + 25,38\% \times Servicios Profesionales Veterinarios + 24,28\% \times PC4$$

La construcción de los subíndicadores, se da de acuerdo a los resultados de los componentes principales y los valores junto con su ponderación se detallan en el cuadro 48, el cual muestra las divisiones entre cada variable tomada en cuenta.

$$\begin{aligned}
 \text{Gast var} &= 45,70\% \times \text{Electr} + 40,10\% \times \text{Mant Equip Ordeño} + 14,19\% \times \text{Palpac} \\
 \text{Serv Var PC2} &= 62,14\% \times \text{Agua} + 23,04\% \times \text{Otr serv var} + 14,82\% \times \text{Ex androl} \\
 \text{Ser. Prof. Vet} &= 54,86\% \times \text{Ex adrolog} + 35,07\% \times \text{O.S.V} + 10,07\% \times \text{Serv Veter} \\
 \text{Serv Var PC4} &= 47,20\% \times \text{Otrs serv var} + 33,24\% \times \text{Agua} + 19,56\% \times \text{Serv Vete}
 \end{aligned}$$

Cuadro 48. Ponderación de variables para la categoría de servicios variables

Categoría	CP	Variables	% contr (A)	$\sum (A)$	Nombre del PC	Ponderación (A / $\sum (A)$) * 100
Servicios Variables	PC1	Electricidad	36,90	80,74	Gastos variables	45,70
		Mant. Equip ordeñ	32,38			40,10
		Palpación	11,46			14,19
	PC2	Agua	57,34	92,28	Serv Var PC2	62,14
		Otros serv variabl	21,26			23,04
		Exam andrológico	13,68			14,82
	PC3	Exam andrológico	47,85	87,22	Servicios profesionales	54,86
		Otros serv variabl	30,59			35,07
		Serv veterinarios	8,78		veterinarios	10,07
	PC4	Otros serv variabl	39,38	83,43	Servicios Variables	47,20
		Agua	27,73			33,24
		Serv veterinarios	16,32		PC4	19,56

Fuente. Elaboración propia

10.7.13 Cálculo de indicadores para categoría de trazabilidad

El tema de la trazabilidad para este análisis, permitió generar únicamente un indicador el cual se compone expresamente de dos variables evaluadas para esta categoría. Toda la información referente a este tema se muestra en el cuadro 49, el cual presenta la ponderación utilizada para la creación del indicador.

$$\text{Trazab} = 51,13\% \times \text{Disp identificación} + 48,67\% \times \text{Guías movilización}$$

Cuadro 49. Ponderación de variables para la categoría de trazabilidad

Categoría	CP	Variables	% contr (A)	$\sum (A)$	Nombre del PC	Ponderación
						$(A / \sum(A)) * 100$
Trazabilidad	PC1	Disp. Identif	49,73	97,26	Trazabilidad	51,13
		Guías móvil	47,53			48,67

Fuente. Elaboración propia

10.7.14 Cálculo de indicadores para categoría de reproducción

El análisis de indicadores para la categoría de reproducción, se creó a partir de los tres componentes principales más importantes de esta categoría, generando un indicador que involucra aspectos de inseminación, trasplante de embriones y otros insumos.

$$\begin{aligned}
 \text{Reproduc} = & 6,36\% \times \text{Equipo de Inseminación} + 46,03\% \\
 & \times \text{Otrs Insumos reprod} + 47,61\% \times \text{Transplante embriones}
 \end{aligned}$$

En cuanto a los subindicadores, estos se especifican en cuanto a las variables principales que los conforman y los valores ponderados que estos toman, los cuales son detallados para mayor análisis en el cuadro 50.

$$\text{Equip insemin} = 50\% \times \text{Desech I.A} + 26,96\% \times \text{Pajill insemin} + 23,04\% \times \text{Nitro}$$

$$\text{Otr ins Repr} = 58,01\% \times \text{Otrs reprod} + 31,73\% \times \text{Desech I.A} + 10,25\% \times \text{Horm}$$

Cuadro 50. Ponderación de variables para la categoría de reproducción

Categoría	CP	Variables	% contr (A)	$\sum (A)$	Nombre del PC	Ponderación	
						$(A / \sum(A)) * 100$	
Reproducción	PC1	Desech para IA	6,51	13,02	Equip insemin		50,00
		Pajill insemin	3,51				26,96
		Nitrógeno	3,00				23,04
	PC2	Otrs reproduc	54,66	94,22	Otrs insums repr		58,01
		Desech para IA	29,90				31,73
		Hormonales	9,66				10,25
	PC3	Traspln embrio	97,45	97,45	Trasp embrion	100	

Fuente. Elaboración propia

El análisis de indicadores generó un total de 14 herramientas de medición principales, las cuales explican la ponderación del total de subindicadores generados para cada categoría. En el caso de salarios, se crearon dos subindicadores los cuales explican la composición de los salarios formales e informales.

El indicador principal de terreno se construyó a partir de cinco subindicadores, que involucran las variables para obligaciones bancarias, insumos de terreno y otros insumos, gastos directos de terreno y otros gastos relacionados.

En cuanto a maquinaria y equipo, el indicador está conformado por once componentes principales, sin embargo al ser una categoría tan extensa, el nombramiento de cada componente era confuso debido a las variables que los componen.

Para la infraestructura, se ponderan los componentes de tierra y área, infraestructura principal uno y dos, equipos indirectos, infraestructura para recursos naturales y los componentes cinco y seis, los cuales nos dan el indicador principal para esta categoría.

El apartado de variables financieras, permitió la generación del indicador a partir de tres componentes principales: amortización, cuotas bancarias y comisiones bancarias.

En términos de combustibles, el indicador únicamente se conforma de dos componentes los cuales abarcan los combustibles primarios (diésel y gasolina) y otros carburantes.

Los servicios fijos y servicios variables, ambos están creados a partir de cuatro subindicadores cada uno, siendo para el primero de estos las variables referentes a comunicaciones, transportes, administrativos y otros servicios fijos, mientras que en el caso de los servicios variables, se trata de gastos variables, servicios veterinarios y los componentes dos y cuatro

El indicador principal sobre impuestos y cargas, está construido a partir de tres subindicadores siendo estos: inversión en transporte, la venta de animales y los seguros.

Para las categorías de animales y reproducción, ambas están compuestas de igual forma por tres subindicadores, siendo en el caso de animales los componentes de machos, hembras y animales secundarios (caballos y otros animales), mientras que la reproducción está construida a partir de los equipos de inseminación, el trasplante de embriones y otros insumos de reproducción.

La información referente a alimentos generó un indicador principal a partir de seis componentes principales, incluyendo alimentos principales, secundarios, complementarios e indirectos, además de pastos y el componente número tres y finalmente, el indicador de sanidad se crearon a partir de siete componentes (vacunas, rehidratantes, sueros, PC1, PC4).

XI. CAPITULO 3 MODELO DE ESTIMACIÓN DE PRODUCTIVIDAD

11.1 Análisis descriptivo de la muestra

La base de datos original correspondiente a la información obtenida para el Programa Piloto Nama Ganadería, corresponde a una recopilación semestral de información, la cual, en el año 2015, contempló de manera inicial 94 sujetos de estudio. Esta población se ha reducido paulatinamente en un aproximado de 30%, llegando al año 2018 con un total de 65 fincas que continuaron el proceso de levantamiento de información de manera constante, y que son los datos con los cuales se construye el modelo del presente proyecto.

Las fincas que componen el Programa Piloto Nama Ganadería se encuentran en cinco de las siete regiones que conforman Costa Rica, siendo estas: Brunca, Chorotega, Huetar Atlántico, Huetar Norte y Pacífico Central. La figura 20 presenta su distribución porcentual de acuerdo a la región socioeconómica.

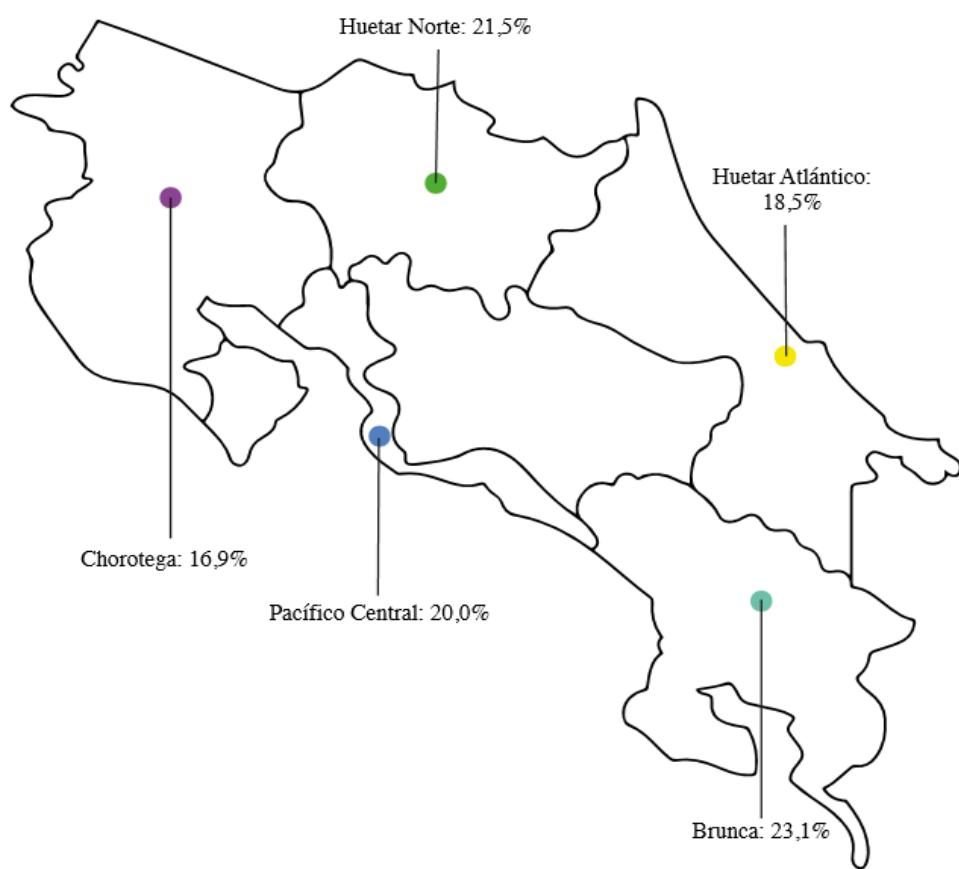


Figura 20. Distribución porcentual de las fincas por región
Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga, (2020).

En cada una de las regiones, existen sistemas de cría y doble propósito, por lo tanto, el detalle de dicha distribución se muestra en el cuadro 51, el cual presenta la división de actividades de acuerdo al tipo de sistema en cada una de las zonas. Complementariamente se presenta también el porcentaje de fincas que iniciaron con un modelo de producción y con el paso de los años, dieron el salto a otro tipo de sistema. Esto se muestra como el valor relativo de fincas que han hecho transición entre los sistemas productivos.

Cuadro 51. Distribución porcentual regional total y por sistemas de las fincas del PPNG en el período 2015-2018

Región	Cantidad de fincas	Porcentaje distribución	Porcentaje por sistema		
			Cría	D.P	Trans
Brunca	15	23,1	60,0	26,7	13,3
Chorotega	11	16,9	45,4	45,4	9,0
Huetar Atlántico	12	18,5	41,6	41,6	16,7
Huetar Norte	14	21,5	21,4	71,4	7,1
Pacífico Central	13	20,0	38,4	46,1	15,3
TOTAL	65	100			

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga, (2020).

Como muestra el cuadro 51, todas las regiones presentan una cantidad relativamente similar de sujetos de estudio, con un promedio de 13 fincas, en un intervalo entre 11 a 15 fincas por región socioeconómica.

En el caso de los sistemas productivos, el análisis de datos permite mostrar el comportamiento de las actividades en cada zona, predominando en la región Brunca, la cría de ganado para engorde, mientras que, en las regiones, Huetar Norte y Pacífico Central, el principal sistema ganadero es de doble propósito.

Para la región Chorotega y Huetar Atlántico, la conducta de los datos, mostró que existe una división homogénea entre fincas dedicadas a la cría y al doble propósito, aunque, esto en proporciones distintas. Sobresale que la región Huetar Atlántico, es la zona en donde los productores tienen una mayor tasa de transición entre sistemas.

La figura 21, permite mostrar de manera comparativa la actuación de este fenómeno en las demás regiones, ya que la información analizada permitió revelar que dicho accionar no es exclusivo de una zona, sino que es una característica que está sujeta a diversos factores del entorno, como lo son los requerimientos de calidad del producto, los precios de mercado, factores ambientales y temas de competencia.

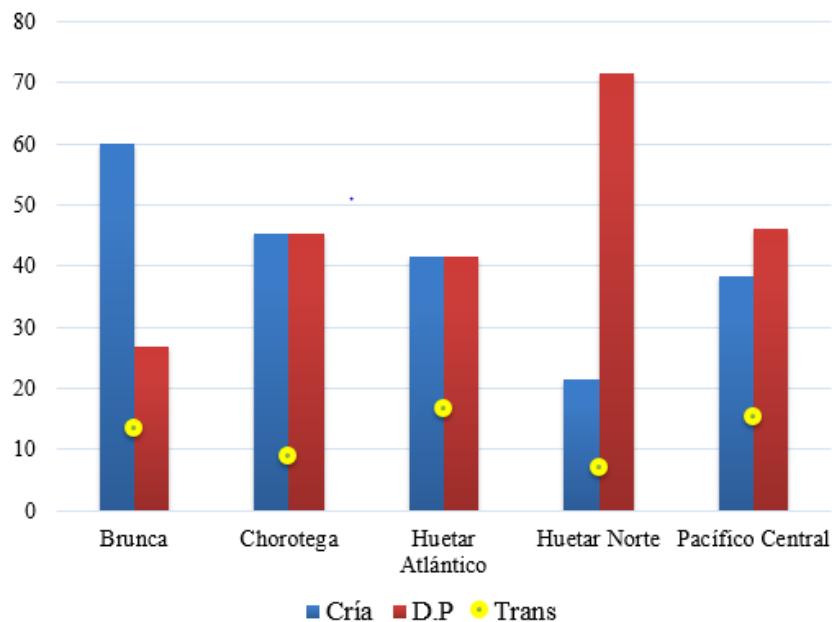


Figura 21. Comparación de sistemas productivos según región de estudio
Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga, (2020).

I. Salarios

El trabajo en la actividad ganadera evaluada a través de las fincas del PPNG, se fundamenta principalmente en la mano de obra familiar y la contratación de operarios y peones que fluctúan durante el año. No obstante, la escasa información referente a puestos administrativos en las fincas, da paso a suponer que el trabajo realizado se percibe como una actividad de supervivencia del núcleo familiar y no en términos de manejo empresarial, por lo que hay una ausencia importante en puestos administrativos.

Esta circunstancia se detalla en la figura 22, que muestra el promedio de tiempos completos semestrales pagados en las fincas, llegando a la conclusión de que el trabajo familiar está presente de forma perpetua y representa la base para la continuidad de la actividad. Se aclara que, debido al alcance de la información, se desconoce qué porcentaje de la mano de obra familiar empleada, está capacitada a nivel profesional en áreas de administración.



Figura 22. Promedio de tiempos completos semestrales (periodo 2015-2018)

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga, (2020).

II. Terreno

El análisis para la partida de terreno, mostró que el principal gasto referente a este se da a través del pago de alquiler, para el cual el desembolso se realiza de forma mensual. A esto lo siguen los impuestos territoriales y el certificado veterinario de operación, que representan salidas de dinero efectuadas periódicamente en el año.

Estos y otros gastos, se observan en la figura 23, la cual muestra las magnitudes de diferencias entre las subpartidas que componen la categoría de terreno.

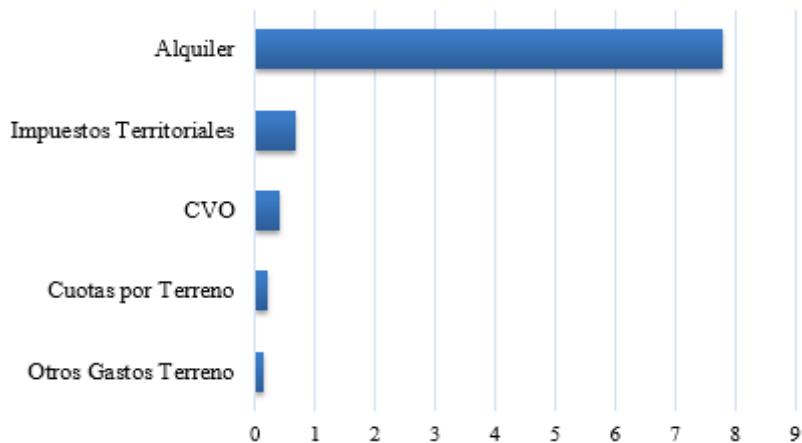


Figura 23. Principales partidas de terreno semestrales por finca a nivel general durante el periodo 2015-2018

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga, (2020)

En el caso de los insumos aplicados al terreno, los datos arrojaron que el fertilizante y la cal son los de mayor consumo por los productores pecuarios, esto superando en gran cantidad al herbicida. A nivel regional, la zona Huetar Atlántica presentó los valores promedio más elevados en el uso de estos productos, por lo que se debe analizar si

efectivamente se están realizando aplicaciones en las dosis correctas de máximo aprovechamiento del suelo, o si efectivamente, las condiciones de la tierra son deficientes y se enfrentan a problemas de productividad. En ambos casos, un análisis intensivo de estos factores, puede desencadenar un ahorro importante para los ganaderos de esta zona.

La comparación de estos productos se detalla en la figura 24, donde se muestran los resultados promedio de mayor consumo de insumos en el periodo 2015-2018.

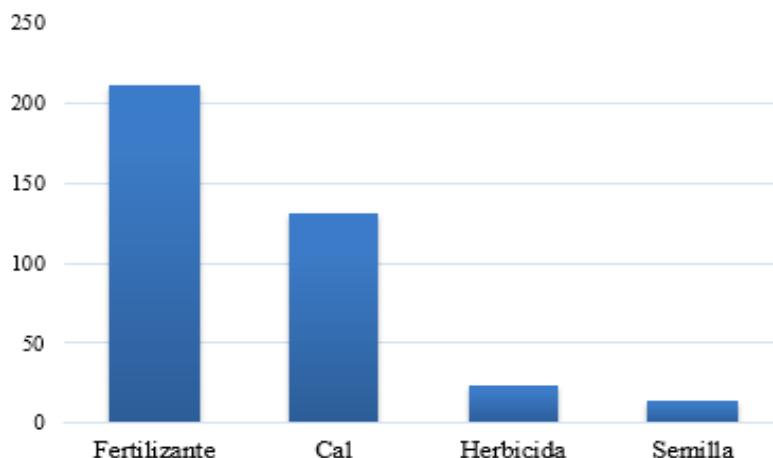


Figura 24. Principales insumos de terreno semestrales por finca a nivel general en el periodo 2015 - 2018

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga, (2020)

III. Maquinaria y equipo

La categoría de maquinaria y equipo reveló que en cuanto a herramientas, las más predominantes en las fincas son las fumigadoras, fierros, pararrayos, impulsores, motosierras y jeringas.

Se debe resaltar que mucho del equipo implica importantes inversiones, por lo tanto, la disponibilidad de máquinas está sujeta a las capacidades económicas de cada una de las fincas y la vez, algunas de estas no necesariamente influyen en la productividad final.

Las partidas específicas de jeringas metálicas, dosificadores, alquiler de maquinaria, y casa para peones, no se contabiliza en los cálculos ya que, estas variables no estuvieron presentes en la totalidad de los 4 años de estudio, además que presentan datos muy escasos, por lo que sus promedios no son considerados ya que distorsionan los resultados.

En la figura 25, se puntualizan los promedios de unidades semestrales de equipo, no obstante, se excluyen los aisladores para evitar alterar las dimensiones de la figura, cuyo valor promedio semestral alcanzó las 962 unidades por finca. También se dejaron fuera

del análisis las unidades de equipo cuyos valores fueron por debajo de cero o que tenían una gran ausencia de datos como es el caso de: computadoras, lector de trazabilidad, prensas, mesas de volteo, rastra, tanque de enfriamiento, cuadriciclo entre otras.

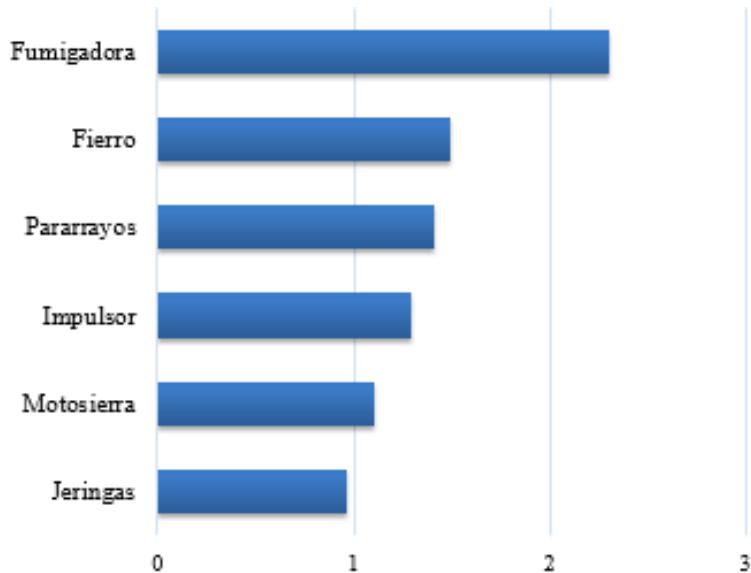


Figura 25. Promedios semestrales de las principales unidades de maquinaria y equipo por finca en el periodo 2015-2018

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga (2020)

IV. Infraestructura

Se parte del supuesto de que aquellas subpartidas con mayor promedio de cantidad de unidades, son las que más se utilizan en la actividad y, por lo tanto, son las más importantes para desarrollarla. El resto de subpartidas son variables de acuerdo a las posibilidades y los alcances de cada finca.

Por lo tanto, bajo este constructo, se encontró que: los saladeros, abrevaderos, comederos, fuentes de agua, corrales, bodegas, tanques de agua y mangas, son las instalaciones más indispensables para la actividad ganadera. Esto se detalla en la figura 26.

Situación contraria se da con temas como las casas para los peones, las salas de ordeño o las queseras, las cuales promediaron valores más bajos, ya que representan inversiones que no todos los productores van a realizar debido a que muchos se dedican únicamente a la cría, además que representan activos de alto valor, los cuales no son estrictamente necesarios para desarrollar la actividad lechera.

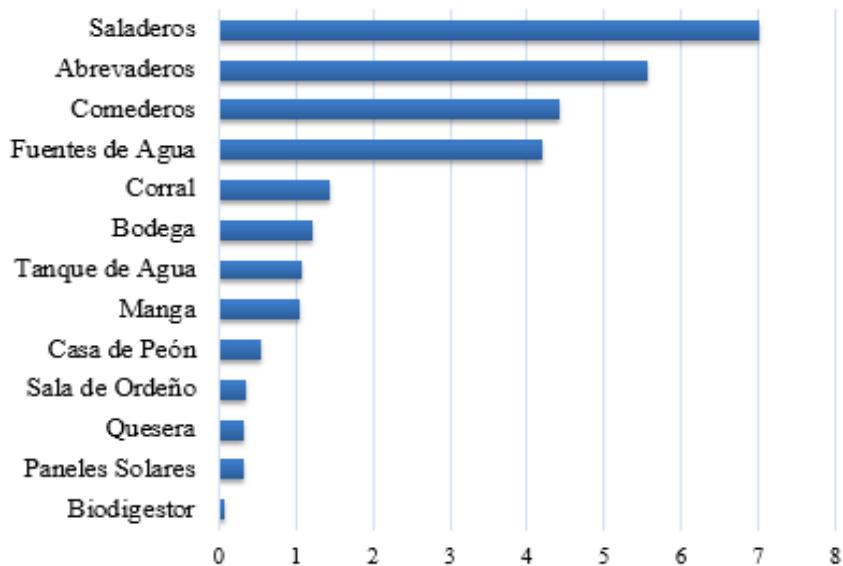


Figura 26. Promedio semestral de unidades de infraestructura por finca en el periodo 2015-2018
 Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga (2020)

Es importante destacar que las instalaciones que promedian valores mayores, independientemente del tipo de sistema productivo que se tenga, son igualmente necesarias, mientras que en el caso de equipos de ordeño y relacionados, estos no tienen razón de ser en una finca netamente de cría.

Un factor obstaculizador al desarrollo bioeconómico en esta categoría, se da en las partidas de biodigestor y paneles solares, ya que, en muchas de las fincas estos no han sido implementados, por lo que no se cuenta con datos referentes a esto, lo que crea problemas de representatividad para ser una variable a utilizar en el análisis. Esto a su vez, genera una pérdida de potencial productivo ambiental que no se logra contabilizar.

Una mejoría en estas partidas podría significar una disminución importante en el consumo a la red energética del país, gracias a la generación de bioenergías aprovechables para la misma actividad, además sería complementario con los productos obtenidos de los biodigestores, lo que disminuiría el gasto efectuado en las partidas de fertilizantes mostrada anteriormente.

V. Financieros

Con respecto a datos financieros, se destacó que, de los 65 objetos muestrales, 59 de ellos presentaron datos en la partida de cuotas bancarias, consecuentemente, en el periodo de estudio 2015-2018, un 90,77% de la muestra tuvo obligaciones financieras de alta exigibilidad.

Se puede entender de esto, y de los previos análisis, que muchos de los productores ganaderos son dueños de la tierra en que efectúan su actividad, sin embargo, la infraestructura, casa de habitación familiar o maquinaria y equipo puede estar comprometida a través de créditos bancarios.

El apartado financiero se detalla a continuación en la figura 27, donde se muestran comparativamente las cuotas bancarias, amortizaciones y comisiones bancarias efectuadas.



Figura 27. Promedio de partidas financieras efectuadas por semestre en el periodo 2015-2018
Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga (2020)

VI. Combustibles

El consumo de combustibles llevó a la conclusión de que el promedio semestral de utilización por finca de hidrocarburos tipo diésel, es de un poco más de 500 litros por semestre, seguido directamente por la gasolina con un poco más de 300 litros. Se debe entender que, los hidrocarburos son bienes mayormente inelásticos, por consiguiente, los productores deben seguir utilizándolos independientemente de las fluctuaciones en el precio. Esto justifica la importancia de incluir biocombustibles en la actividad pecuaria, ya que son opciones más económicas, y a partir de las biomasas generadas en las fincas, podrían llegar a sustituir este bien. Este reemplazo en un mediano y largo plazo, tendría un impacto directo en la productividad de las fincas y en la competitividad de la actividad a nivel nacional e internacional.

En la figura 28 se muestra el promedio semestral de consumo de hidrocarburos explicado anteriormente. Los estimados mensuales de consumo de diésel son aproximadamente de 89 litros, y 53 litros para gasolina.

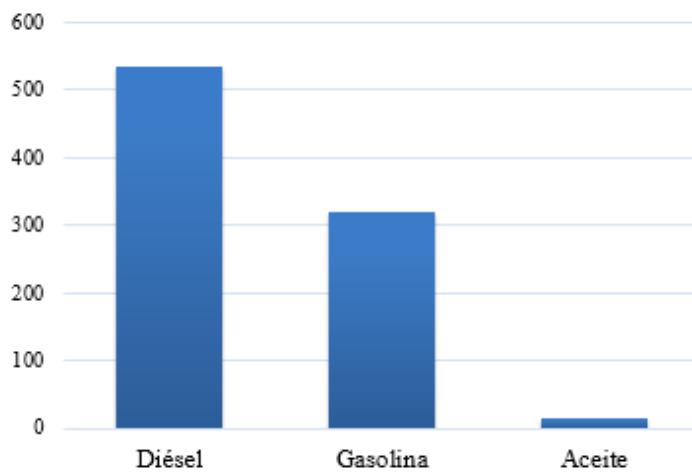


Figura 28. Promedio semestral de litros de combustible para el periodo 2015-2018
 Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga (2020)

VII. Impuestos y cargas

El análisis de la información referente a impuestos y cargas financieras, mostró que, para los productores pecuarios, los porcentajes de subastas son una de las subpartidas más sensibles en sus actividades diarias, ya que en comparación con salidas de efectivo por concepto de marchamos vehiculares o revisión técnica que se realizan de forma anual, las subastas son una parte cotidiana de las actividades ganaderas, representando un costo promedio por cabeza cercano a los 13 colones por kilo.

La figura 29, se describen las subpartidas dentro de la categoría de impuestos y cargas, para la cual se resalta la situación explicada anteriormente con respecto a las subastas ganaderas.

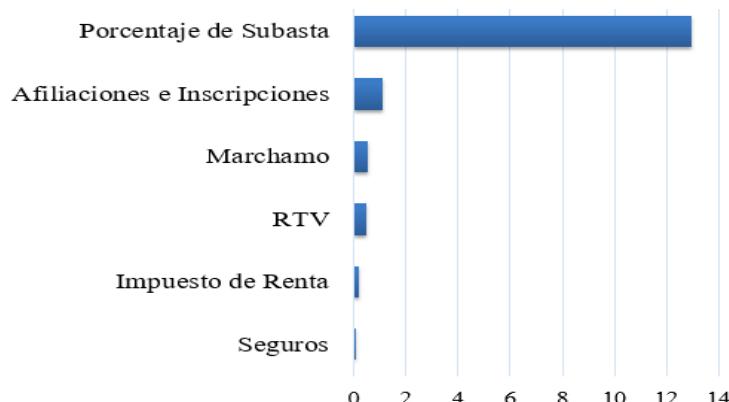


Figura 29. Promedio de salidas de dinero en impuestos y otras cargas semestrales generales (2015-2018)
 Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga (2020)

La representación comparativa del comportamiento de los promedios de colones por cabeza en subasta, se presenta en la figura 30, el cual detalla cómo la zona Huetar Atlántico supera inclusive el promedio general obtenido durante todo el periodo de estudio.

Estos valores aislados de la región Huetar Atlántico llevan a pensar que existen factores externos que están afectando la zona, por lo que, es conveniente investigar con mayor profundidad los motivadores que generan este fenómeno. Circunstancias como grandes distancias entre la región y posibles subastas en otras zonas, la complicada infraestructura vial, subastas poco atractivas en términos de oferta y demanda o condiciones no reguladas, pueden ser factores claves que están elevando el promedio de esta partida.

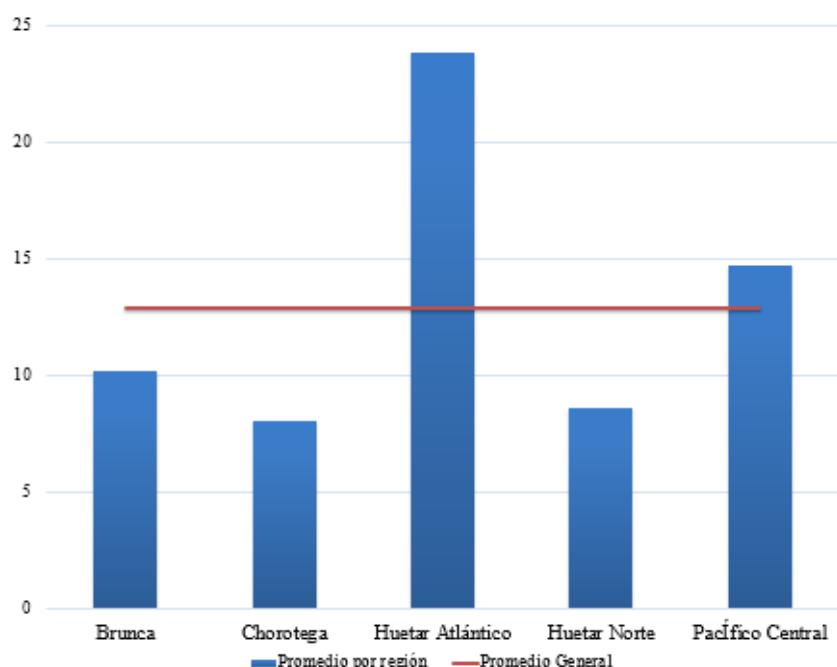


Figura 30. Promedio regional de colones por cabeza por kilogramo de ganado en subastas en el periodo 2015-2018

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga (2020)

VIII. Animales

El análisis del comportamiento de compra de animales para las fincas, mostró que el promedio de adquisición de semovientes es muy escaza, e incluso, realizando una diferenciación en los sistemas productivos, los sujetos de la muestra presentaron muy pocos datos, por lo tanto, los promedios generados son valores con muy alta dispersión y no son confiables para el estudio.

IX. Alimentación

Los resultados mostraron en un nivel general, que las fuentes de alimento más importantes que brinda el productor al ganado se concentran en dos grandes grupos. Los datos se inclinaron fuertemente por los subproductos agrícolas, pecuarios o industriales en primer lugar y el alimento concentrado como segunda opción. Estos en muchas ocasiones se complementan en menor medida con otros productos como los son los minerales, la melaza o la sal.

La figura 31, muestra el promedio de kilogramos semestrales de alimentos adquiridos para los hatos y permite evidenciar comparativamente, las relaciones con alimentos complementarios.

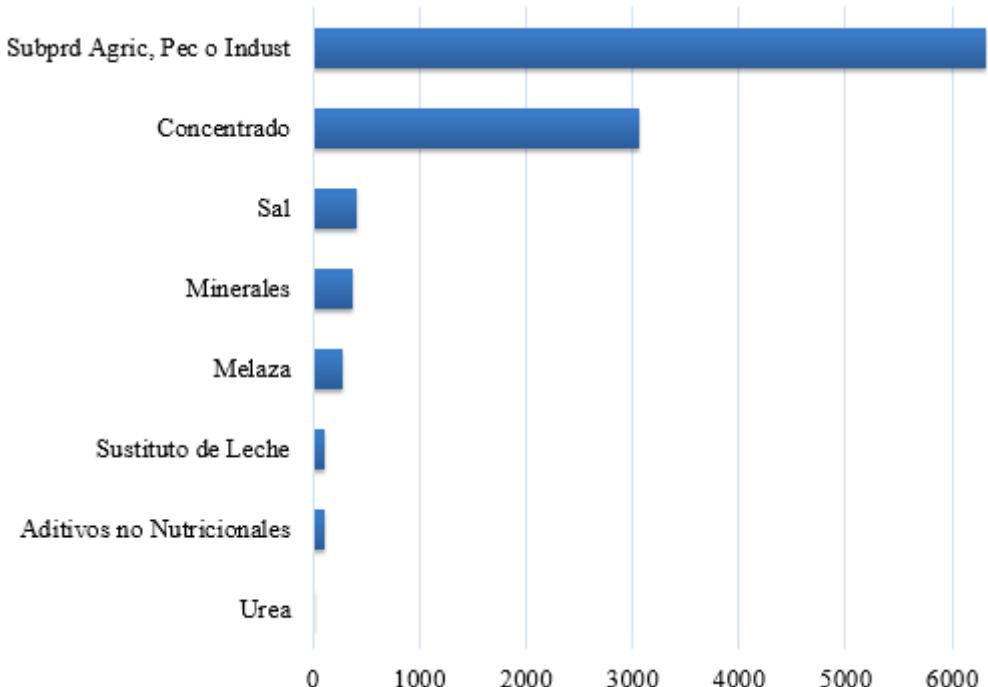


Figura 31. Valores promedio semestrales de kilogramos de alimentos adquiridos en el periodo 2015-2018

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga (2020)

X. Sanidad

Las subpartidas para el análisis del tema sanitario de los animales, generó una serie de datos dentro de los cuales se destacó la misma ausencia de respuestas en muchas de las preguntas, ya que implica que el consumo de estos productos es escaso y el manejo y la salud general de los animales es satisfactoria, por tanto, los requerimientos en gastos veterinarios son reducidos. Esto se complementa entre el trabajo realizado por los productores pecuarios y el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA) que brinda una

atención profesional al estado de la salud del animal costarricense y no representa un costo alto para el productor, por lo que este factor se refleja en los datos.

Este análisis se realiza a través de tres aproximaciones comparativas, las cuales permiten detallar el consumo de productos sanitarios de aplicación a través de dosis, como lo son las vacunas; productos adquiridos en unidades de centímetros cúbicos, como antibióticos o vitaminas y finalmente, aquellos que se adquieren como unidades, como lo es el caso de las jeringas o agujas.

En el primer caso, los resultados de productos aplicados en dosis a los animales, mostraron que las vacunas: clostridial, antidiarreica, para ántrax y viral, son las de mayor aplicación por parte de los encargados de los animales. Esto se detalla mayormente en la figura 32 del promedio general de las dosis aplicadas semestralmente.

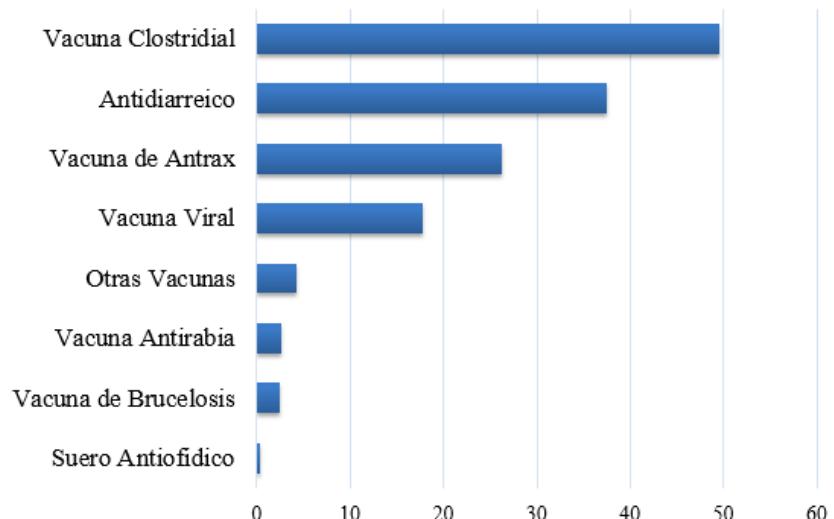


Figura 32. Promedio general de dosis de medicamentos adquiridos semestralmente en el periodo 2015-2018

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga, (2020)

En segundo lugar, para los productos sanitarios aplicados a través de una medición de centímetros cúbicos, las desparasitaciones internas y externas destacaron como las más importantes dentro de este rubro. La figura 33 muestra el comportamiento de las demás subpartidas en esta categoría.

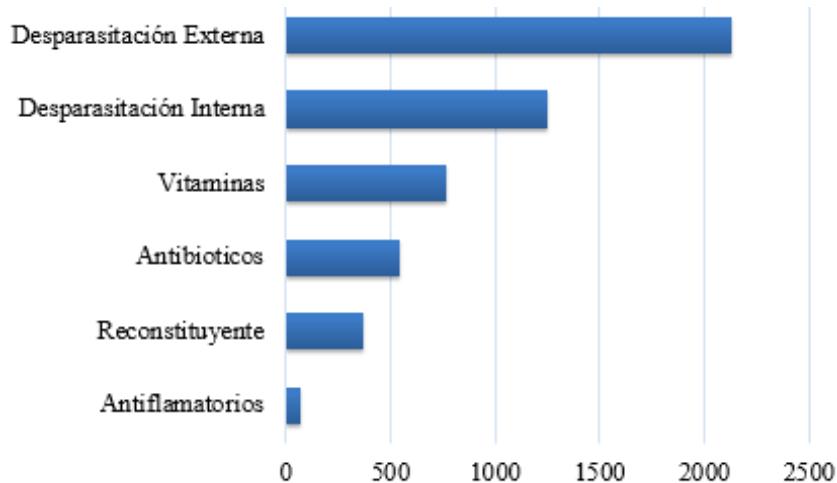


Figura 33. Promedio general de centímetros cúbicos de medicamentos adquiridos semestralmente en el periodo 2015-2018

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga (2020)

Finalmente, en un pequeño análisis de unidades de productos sanitarios, se mostró que las agujas son la principal compra de instrumentales médicos lo cual complementa los datos previos referentes a vacunas, por lo tanto, esto nos permite construir un pequeño marco sanitario de los principales requerimientos veterinarios que se utilizan en las fincas con actividades ganaderas.

El detalle de este análisis, se presenta en la figura 34, donde se observa el promedio general de unidades sanitarias adquiridas de forma semestral en el periodo 2015-2018.

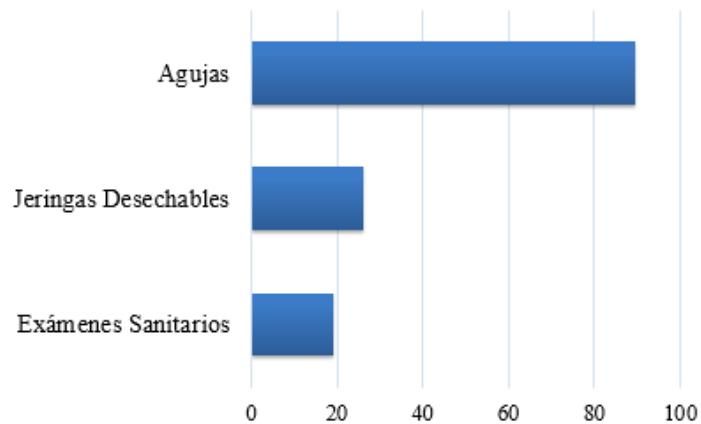


Figura 34. Promedio general de unidades sanitarias adquiridas semestralmente en el periodo 2015-2018

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga, (2020)

XI. Servicios Variables

La evaluación de los servicios variables se centra en el consumo eléctrico y de recurso hídrico, debido a que son las subpartidas que mostraron la mayor cantidad de información referente a consumo, pero estas, no son las únicas que se tomaron en cuenta durante el levantamiento de la información.

Como se puede observar en la figura 35, la zona Huetar Atlántico destaca por mucho sobre las demás en el consumo de electricidad, por lo tanto, da una perspectiva a analizar qué motivos están detrás de esta situación y si es posible disminuir el consumo a través del aprovechamiento de la propia biomasa que genera la actividad como un medio para la transformación hacia la bioenergía.

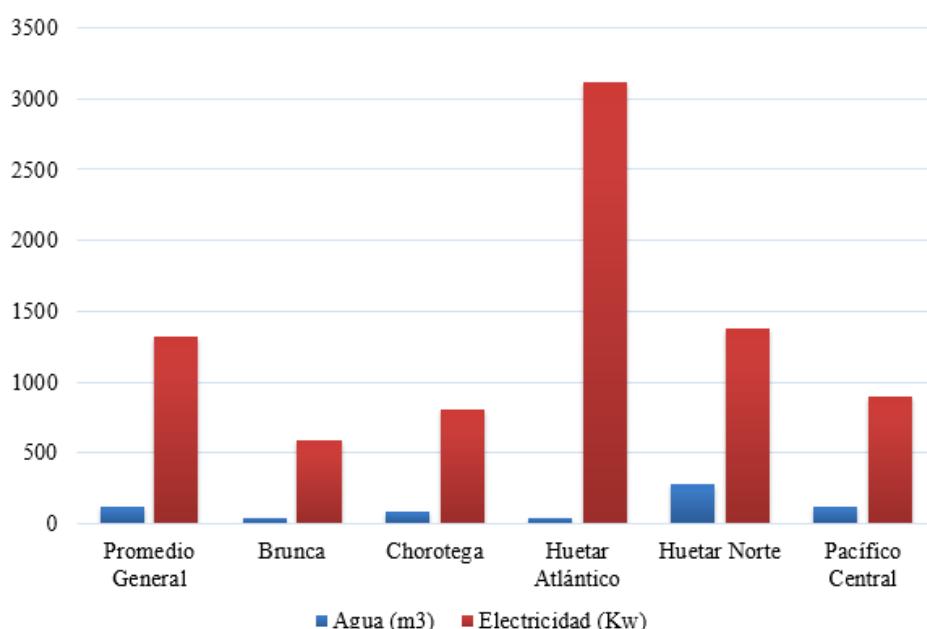


Figura 35. Promedio general de consumo energético y recurso hídrico semestral por región en el periodo 2015 - 2018

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga (2020)

Aspectos como visitas por servicios veterinarios o exámenes andrológicos, fueron subpartidas en las cuales los entrevistados, presentaron poca o nula información y en muchos casos, muy pocos productores hacían uso de estos servicios, por lo tanto, los promedios para estos criterios no eran verdaderamente representativos.

La palpación, por el contrario, sí representó mayor cantidad de información generando un promedio general semestral de la toda la muestra, cercana a 25 palpaciones por semestre por finca, siendo esto superado en las regiones Huetar Atlántico y Huetar Norte con 48 y 29 palpaciones promedio de forma semestral respectivamente.

XII. Reproducción

La información relacionada a la reproducción animal, mostró que muchos de los productores adquieren una cantidad relativamente pequeña de productos como pajillas, trasplantes de embriones, hormonas o productos desechables para inseminación artificial lo cual puede estar sujeto a los elevados costos que implica, pero de igual forma, se puede interpretar como un factor de éxito en la reproducción del hato, una gran calidad y excelente manejo en la genética de los animales.

Dentro de la información del periodo, destacó la subpartida de compra de nitrógeno, en la cual, todas las regiones presentaron datos referentes a adquisición de este, sin embargo, en la zona Huetar Atlántico, se superó el promedio de todas las regiones y el general de la muestra, lo que implica una necesidad de investigación más profunda para determinar si los requerimientos del pasto son más elevados en esta región, o si por el contrario, los productores pecuarios están sobresaturando los suelos e incurriendo en gastos innecesarios por un exceso en la compra.

La figura 36, se puede observar comparativamente los promedios semestrales referentes a la compra de litros de nitrógenos por región.

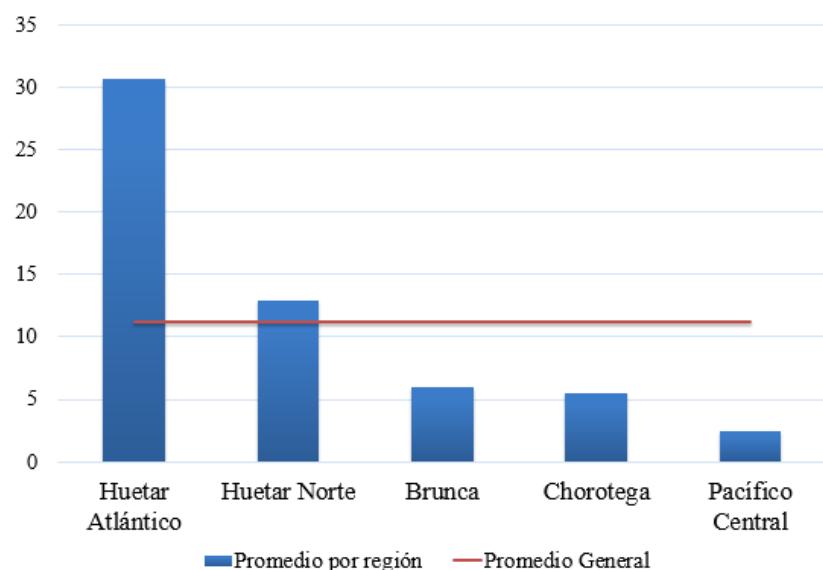


Figura 36. Litros promedio de litros de nitrógeno adquiridos por semestre (2015-2018)
Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga (2020)

XIII. Tamaño del terreno y costo semestral

La observación de los datos para las partidas de cantidad de hectáreas y costo semestral, se evaluaron en conjunto con la finalidad de determinar si existe una relación entre ambas

partidas. En términos generales, el promedio de área de las fincas, ronda las 65 hectáreas, siendo la región Chorotega la zona con las fincas de menor tamaño y la región Huetar Atlántico el extremo opuesto.

En cuanto a costos semestrales, el promedio de toda la muestra fue de 10.159.807 colones, teniendo la región Chorotega el menor costo con 6.976.035 colones y la zona Huetar Atlántico la mayor con un valor de 17.693.158 colones.

Este primer indicio, da paso a la teoría de que, en efecto, el tamaño y los costos en las fincas ganaderas en Costa Rica están relacionados, de forma que, al aumentar su tamaño, también lo hace su costo. Este análisis se puede detallar en la figura 37, donde se presentan todas las regiones que están dentro del estudio y se observa una clara tendencia del fenómeno explicado anteriormente.

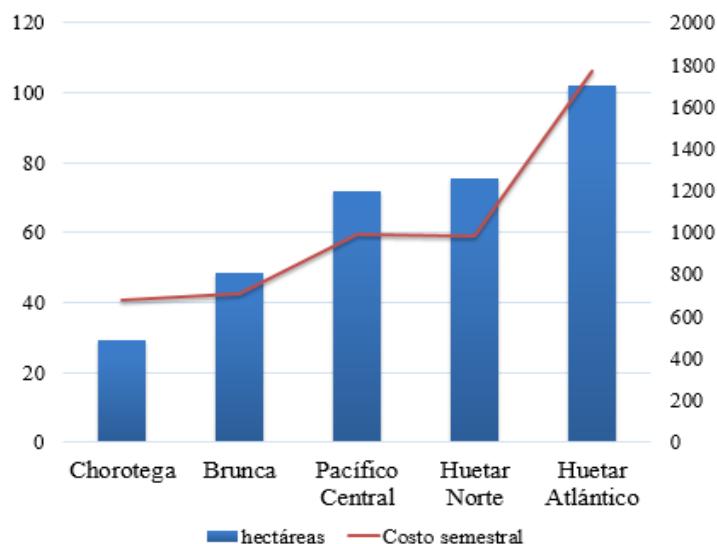


Figura 37. Promedio regional de hectáreas versus costo por finca en el periodo 2015-2018
Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga (2020)

Al analizar esto desde un enfoque de economía de escala⁶, en la figura 38, los datos muestran que en el grupo de fincas de mayor tamaño (regiones: Pacífico Central, Huetar Norte y Atlántico), el costo por unidad animal se reduce, pudiendo ser esto los resultados de un aprovechamiento mayor de la biodiversidad, biomasa, capacidad de generación de bioenergía o la combinación con actividades agrícolas que las mismas fincas poseen, lo cual es lo suficientemente sensible para revertir la curva de costos.

⁶ Refiere al poder que tiene una empresa cuando alcanza un nivel óptimo de producción para ir produciendo más a menor coste (Pindyck & Rubinfeld, 2007)

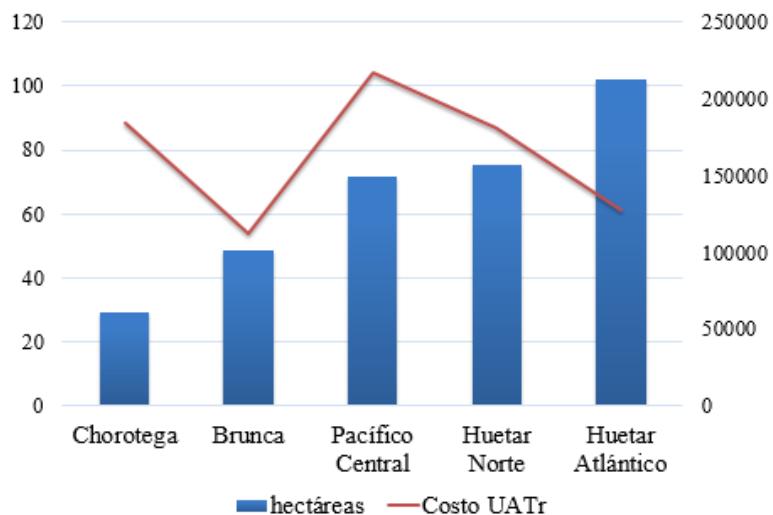


Figura 38. Promedio regional de hectáreas versus costo por unidad animal en el periodo 2015-2018. Costo uatr en miles

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga (2020)

XIV. Unidades animales

Para la estimación de la carga animal, se partió del promedio de hectáreas por región y la cantidad de animales promedio por región, todos en el periodo de 2015-2018. Bajo este esquema, se concluyó que las fincas se manejan mayormente en un sistema extensivo, el cual no supera en su nivel máximo una cantidad de 1,57 unidades animales por hectárea, y con un promedio general muestral de 1,31 UA/Ha, situación que es opuesta en los sistemas intensivos, los cuales rondan entre 2 y 3 por hectárea de pasto (Pérez Gutierrez, 2017).

La figura 39 presenta el detalle de unidades animales por hectárea en cada una de las regiones de estudio, reafirmando que las actividades ganaderas en el país, podrían ser más competitivas gracias a cambios que permitan intensificar la actividad pecuaria y tecnificar en lo posible, los eslabones de la cadena productiva, lo que asegure no solo la sostenibilidad dentro de las fincas, sino hasta llegar al consumidor. Estas acciones reflejarían cambios en la calidad del producto y se tendría un mayor aprovechamiento de la tierra, el cual es el recurso más valioso que los productores tienen.

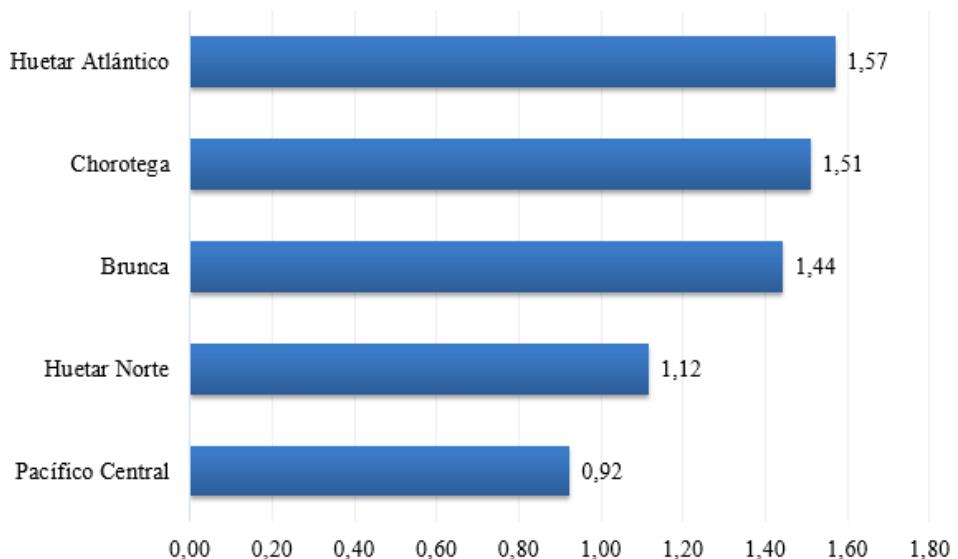


Figura 39. Promedio regional de unidades animales por hectárea en el periodo 2015-2018

Fuente. Elaboración propia con datos de Corfoga (2020)

11.2 Construcción del modelo

11.2.1 Construcción de la variable dependiente

Para determinar el modelo que responde al tercer objetivo de la presente investigación, se parte de la definición de una variable dependiente construida a partir de los datos recolectados referentes al costo semestral de la actividad ganadera, y las unidades animales presentes en cada una de las fincas analizadas. Esta nueva variable se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Costo semestral}}{\text{Unidades Animales semestrales por finca}} \quad (13)$$

Al darse la construcción de la variable dependiente, se puede expresar la productividad de los sistemas ganaderos a través del uso inteligente de recursos naturales, biodiversidad y equipos e infraestructuras, con lo que el costo representaría valores menores conforme aumenten las unidades animales, haciendo referencia al concepto de economías de escala, y dando como resultado sistemas cada vez más productivos.

11.2.2 Determinación del método de estimación para el modelo

Para determinar el método de estimación ideal, se parte de los resultados obtenidos del análisis de componentes principales explicados en el capítulo anterior, ya que, al modelar el elevado número de variables originales, se darían una afectación a los grados de libertad, lo cual podría tener repercusiones sobre la significancia de los parámetros y a la vez, implicaría un acercamiento metodológico no óptimo.

Utilizar los componentes principales, permite explicar una elevada cantidad de variables contenidas dentro de cada uno de los mismos, y esto consiente abarcar un mayor número de partidas que contengan un poder explicativo alto como resultado final del modelo.

Al trabajar con datos de panel, existen diferentes formas funcionales para realizar el análisis que tendrán diferentes niveles de confiabilidad dependiendo de la relación que existe entre los datos observados de cada unidad a lo largo de los diferentes períodos de tiempo bajo estudio. Por consiguiente, en primera instancia, se revisa a través de una prueba de robustez, que componentes son más significativos en el modelo, con el fin de reducir el uso de estos en la explicación de la productividad, considerando el hecho de que existen partidas en las que los datos son insuficientes para ser incluidos en el análisis. En segundo lugar se ejecutan tres pruebas de contraste a través de un diagnóstico de datos

de panel, las cuales permiten comparar los mínimos cuadrados ordinarios (MCO), los efectos fijos y efectos aleatorios, para determinar el modelo de mejor ajuste.

Como se muestra en la figura 40, la primera prueba es un contraste F entre el MCO y los efectos fijos, en donde se parte del siguiente criterio de decisión:

H0: Modelo de mínimos cuadrados ordinarios

H1: Modelo de efectos fijos

```
Significatividad conjunta de las medias de los diferentes grupos:  
F(64, 395) = 13.4713 con valor p 8.64786e-067  
(Un valor p bajo es una indicación en contra de la hipótesis nula de que el  
modelo de MCO combinados es el adecuado, en favor de la alternativa de  
efectos fijos.)  
Variance estimators:  
between = 7.99831e+009  
within = 4.53792e+009  
theta used for quasi-demeaning = 0.742661
```

Figura 40. Contraste de decisión entre mínimos cuadrados ordinarios y efectos fijos

Fuente. Elaboración propia

Al tener un p valor menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula de que el mejor ajuste se da a través de los mínimos cuadrados ordinarios, por lo que la primera decisión inclina a pensar que el modelo sigue una ruta de efectos fijos.

En segundo lugar, se realiza el estadístico de contraste de Breusch-Pagan, mostrada en la figura 41, con el objetivo de comparar el comportamiento de los datos en un modelo MCO y un ajuste de efectos aleatorios, por lo que, al igual que la prueba anterior, se define a través de dos hipótesis, las cuales expresan:

H0: Modelo de mínimos cuadrados ordinarios

H1: Modelo de efectos aleatorios

```
Estadístico de contraste de Breusch-Pagan:  
LM = 427.685 con valor p = prob(chi-cuadrado(1) > 427.685) = 5.1849e-095  
(Un valor p bajo es una indicación en contra de la hipótesis nula de que el  
modelo de MCO combinados es el adecuado, en favor de la alternativa de  
efectos aleatorios.)
```

Figura 41. Contraste de decisión entre mínimos cuadrados ordinarios y efectos variables

Fuente. Elaboración propia

De igual forma que al anterior, al obtener un p valor menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula de MCO como la opción de mejor ajuste, y acepta la opción alternativa a favor de los efectos aleatorios para el modelo.

Comparando los resultados de las dos primeras pruebas, se rechaza de forma contundente que los datos siguen un ajuste de mínimos cuadrados ordinarios, no obstante, existe una disyuntiva entre los modelos de efectos fijos y aleatorios. Como método de respuesta ante esta problemática, se hace uso de la prueba de Haussman, presentada en la figura 42 la cual permite determinar a través de dos hipótesis, cual aproximación explica de mejor forma el comportamiento de la información, y, por ende, genera un modelo con una capacidad explicativa más certera.

Las hipótesis para determinar la prueba de Haussman expresan lo siguiente:

H_0 : *Modelo de efectos aleatorios*

H_1 : *Modelo de efectos fijos*

```
Estadístico de contraste de Hausman:  
H = 125.497 con valor p = prob(Chi-cuadrado(60) > 125.497) = 1.55609e-006  
(Un valor p bajo es una indicación en contra de la hipótesis nula de que el modelo de  
efectos aleatorios es consistente, en favor del modelo de efectos fijos.)
```

Figura 42. Contraste de decisión entre efectos aleatorios y efectos fijos

Fuente. Elaboración propia

Al resultar un valor p menor a 0,05, en la prueba, se rechaza la hipótesis nula que estipula un modelo efectos aleatorios, lo que determina que el mejor método de estimación para se va a realizar a través de un ajuste de efectos fijos.

11.2.3 Estimación del modelo definitivo

Los modelos de efectos fijos, son aquellos que estudian la relación existente entre las variables independientes que se encuentran contenidas dentro del sujeto de estudio. Se debe comprender que cada unidad de estudio (o finca para este caso), tiene características propias con diversos niveles de influencia sobre las variables predictores, lo que puede generar sesgo en el modelo. Este factor se relega a través de la estimación de efectos fijos, gracias a que elimina las características invariantes en el tiempo con la finalidad de evaluar el efecto neto de las variables sobre la variable explicada (Torres-Reyna, 2007).

La ecuación base para este modelo se representa de la siguiente forma:

$$Y_{it} = \beta_1 X_{it} + \alpha_i + U_{it}$$

donde:

Y: variable dependiente

β_1 : coeficiente de una variable independiente

X_{it} : variable independiente, con i=sujeto y t= tiempo

U_{it} : error del modelo

Por lo tanto, a partir de pruebas de robustez realizadas con todos los componentes principales más importantes, y el diagnóstico del panel se concluye que la ecuación que explica el modelo de efectos fijos para esta investigación, es la siguiente:

$$\text{Productividad} = 163025 - 17957,6 \text{ Alimentos principales PC1} + 16858,2 \text{ Alta exigibilidad} - 17441,9 \text{ Tierra_Area PC1} - 16250,6 \text{ Maquinaria y equipo PC10} + 26023,4 \text{ Salarios formales PC1} - 22185,4 \text{ Salarios informales PC2}$$

donde;

Alimentos principales: β_1

Alta exigibilidad: β_2

Tierra_area: β_3

Maquinaria y equipo PC10: β_4

Salarios formales: β_5

Salarios informales: β_6

Para alcanzar dicha ecuación, se realiza la modelación de los componentes principales junto con la variable dependiente. En esta se obtiene una primera aproximación a la propuesta econométrica que busca la investigación, la cual brinda un contexto de las variables más importantes para explicar la productividad de los sistemas ganaderos. Este modelo inicial, a pesar de ser estadísticamente significativo, presenta una condición de heterocedasticidad, de acuerdo a la prueba por grupos de Wald, por lo que se parte de esta base para encontrar una propuesta que sea satisfactoria en términos de capacidad explicativa y que cumpla con todos los criterios de aceptación.

Este primer acercamiento se muestra en la figura 43, en donde los componentes de alimentación, financieros, de infraestructura, salarios y maquinaria y equipo son los

conjuntos de variables que explican de mejor manera el objetivo que persigue la investigación.

Modelo 5: Efectos fijos, utilizando 520 observaciones					
Se han incluido 65 unidades de sección cruzada					
Largura de la serie temporal = 8					
Variable dependiente: CostSemstrUATr					
	Coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	163025	3007.19	54.21	1.17e-198	***
alim_prin_PC1	-17957.6	4208.66	-4.267	2.42e-05	***
Alta_exigibilida~	16858.2	3385.64	4.979	9.13e-07	***
Tierra_area_PC1	-17441.9	6513.19	-2.678	0.0077	***
Infrst_prinicp_P~	14668.3	6423.31	2.284	0.0229	**
Maq_equi_PC4	-14921.9	6755.66	-2.209	0.0277	**
Maq_equi_PC10	-16250.6	4296.17	-3.783	0.0002	***
Salr_formales_PC1	26023.4	4716.36	5.518	5.83e-08	***
Sal_informales_P~	-22185.4	3804.98	-5.831	1.06e-08	***
Media de la vble. dep.	163025.1	D.T. de la vble. dep.	127703.0		
Suma de cuad. residuos	2.10e+12	D.T. de la regresión	68574.41		
R-cuadrado MCVF (LSDV)	0.751651	R-cuadrado 'intra'	0.296017		
F(72, 447) MCVF	18.79009	Valor p (de F)	7.15e-97		
Log-verosimilitud	-6489.069	Criterio de Akaike	13124.14		
Criterio de Schwarz	13434.67	Crit. de Hannan-Quinn	13245.78		
rho	0.249536	Durbin-Watson	1.355105		

Figura 43. Modelo base con problemas de heterocedasticidad

Fuente. Elaboración propia

Al darse los problemas de heterocedasticidad, se aplica como método correctivo, las desviaciones típicas robustas, las cuales se encargan de buscar un escenario en el cual los estimadores del modelo sean más selectivos, de modo que excluya aquellos factores causantes de la ausencia de homocedasticidad, que en este caso son la maquinaria y equipo componente principal 4 y la infraestructura principal componente 1.

Los resultados de la nueva modelación bajo el escenario robusto, dan como consecuencia un nuevo modelo con una cantidad menor de variables explicativas, manteniendo los componentes principales relacionados a alimentación, variables financieras, infraestructura, tierra, maquinaria y equipo y finalmente, salarios. El resultado se presenta en la figura 44, el cual detalla las principales variables que explican la productividad para este caso específico.

Se han incluido 65 unidades de sección cruzada						
Largura de la serie temporal = 8						
Variable dependiente: CostSemstrUATr						
Desviaciones típicas robustas (HAC)						
	Coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p		
const	163025	4.36951e-012	3.731e+016	0.0000	***	
alim_prin_PC1	-17957.6	4568.47	-3.931	0.0002	***	
Alta_exigibilida~	16858.2	5843.77	2.885	0.0053	***	
Tierra_area_PC1	-17441.9	7573.98	-2.303	0.0245	**	
Infrst_princip_P~	14668.3	9834.33	1.492	0.1407		
Maq_equi_PC4	-14921.9	9852.70	-1.515	0.1348		
Maq_equi_PC10	-16250.6	8079.25	-2.011	0.0485	**	
Salr_formales_PC1	26023.4	6196.35	4.200	8.43e-05	***	
Sal_informales_P~	-22185.4	6556.71	-3.384	0.0012	***	
Media de la vble. dep.	163025.1	D.T. de la vble. dep.	127703.0			
Suma de cuad. residuos	2.10e+12	D.T. de la regresión	68574.41			
R-cuadrado MCVF (LSDV)	0.751651	R-cuadrado 'intra'	0.296017			
Log-verosimilitud	-6489.069	Criterio de Akaike	13124.14			
Criterio de Schwarz	13434.67	Crit. de Hannan-Quinn	13245.78			
rho	0.249536	Durbin-Watson	1.355105			
Contraste conjunto de los regresores (excepto la constante) -						
Estadístico de contraste: F(8, 64) = 12.4635						
con valor p = P(F(8, 64) > 12.4635) = 1.38991e-010						
Contraste robusto de diferentes interceptos por grupos -						
Hipótesis nula: [Los grupos tienen un intercepto común]						
Estadístico de contraste: Welch F(64, 156.1) = 27.325						
con valor p = P(F(64, 156.1) > 27.325) = 1.86583e-059						
Contraste de heterocedasticidad libre de distribución de Wald -						
Hipótesis nula: [Las unidades tienen la misma varianza de la perturbación]						
Estadístico de contraste asintótico: Chi-cuadrado(65) = 17985						
con valor p = 0						

Figura 44. Modelo econométrico final

Fuente. Elaboración propia

Al analizar este modelo, inicialmente se observan los signos que acompañan a los coeficientes. En el caso de los alimentos (-17957,6 β_1) se sabe que conforme aumenta el uso desmedido de subproductos agrícolas o concentrados, se obtiene un efecto de pérdida debido a que supera la máxima capacidad de aprovechamiento del animal, y se reduce su utilidad, lo que se podría interpretar como un cambio marginal negativo en el consumo excesivo de los mismos, debido a que se alcanza un punto máximo a partir del cual decrece la utilidad conforme más cantidad de alimento se suministre, haciendo referencia a la función neoclásica de producción.

Con respecto al signo positivo de la alta exigibilidad bancaria (16858,2 β_2), esta se explica como una relación directa dada por una mayor inversión la cual equivale a una mayor productividad, entendiéndose que, a mayor riesgo en inversión, mayor la capacidad de

generar rendimientos positivos en la producción y, por ende, darse una mejoría en la productividad de las fincas.

Para el componente “Tierra y área” (-17441,9 β_3), este está compuesto principalmente por caminos, árboles para cerca, alambres eléctricos entre otros. El signo que acompaña el coeficiente es negativo, no obstante, se asume que una mayor área, no necesariamente implica mayor productividad, especialmente si las economías de escala no están desarrolladas propiamente dentro de las unidades productivas, situación que se desconoce en esta investigación.

El componente número diez para maquinaria y equipo (-16250,6 β_4), generó al igual que el anterior, un signo negativo para el coeficiente del modelo, sin embargo, se debe recordar que, para la categoría de maquinarias, existieron múltiples componentes albergando diferentes subpartidas en diversos niveles, por lo que, al presentar un coeficiente negativo, se puede dilucidar como un grupo de equipos que no aportan a la productividad, ya que no son indispensables en todas las fincas. Se debe destacar que este componente está integrado en su mayoría por pararrayos, repuestos varios y otras maquinarias, los cuales son activos que no están directamente relacionados a la operación ganadera.

Finalmente, para completar la propuesta, se destacan el tema de los salarios formales e informales, los cuales implican una connotación importante para el análisis bioeconómico. Los salarios formales (26023,4 β_5) se expresa como un complemento directo a la productividad de las fincas por su signo positivo, debido a que por lo general se trata de fincas más establecidas a nivel operativo y administrativo. Este factor para una unidad productiva, es clave en el proceso de consolidación, ya que al contar con personal enfocado a las tareas y capaz de cumplir metas y objetivos programados, va a generar mejores niveles de operación los cuales tiene más posibilidad de ser altamente productivos.

De una forma opuesta, los salarios informales (-22185,4 β_6) (otros salarios, mano de obra familiar y cargas sociales), representan potencialmente un desincentivo a la productividad de las fincas, mostrado a través del signo negativo del coeficiente. Esto se debe a que aspectos como la contratación de colaboradores en condiciones no reguladas, el riesgo latente a multas o la dificultad de expansión por la ausencia de organización, son factores que aumentan la incertidumbre en la producción y tienen un efecto contraproducente a la

productividad, ya que el costo de operación puede ser mayor a una finca con arreglos organizacionales y planes estratégicos de producción.

Esto no implica que la inclusión de la mano de obra familiar sea un factor en contra para las producciones, sino que esta es una oportunidad de desarrollo rural a través de lo que puede ser un bio emprendimiento, lo cual es un tema vital en el desarrollo de una bioeconomía holística saludable, sin embargo, el valor de la formalidad tiene una relación directa con la productividad, ya que esta abre las puertas a oportunidades que las actividades informales no pueden proveer, como lo es el caso del acceso a créditos y banca para el desarrollo, contratos gubernamentales o programas de capacitación para mercados cada vez más exigentes (Sakho, 2009).

Con el modelo definitivo de mejor ajuste para los datos, inmediatamente se revisan los criterios de heterocedasticidad y autocorrelación, para los cuales, la heterocedasticidad se trabaja a través de las desviaciones típicas robustas y la autocorrelación está ausente, ya que al modelar con componentes principales, se hace uso de datos orientados hacia nuevos ejes artificiales X y Y, por lo que, al tener dos direcciones totalmente opuestas, los datos no tienen altos niveles de correlación.

Complementariamente, esto se reconfirma a través del criterio de Durbin-Watson, el cual tiene un coeficiente de 1,35, bajo el parámetro de que los valores cercanos a dos están ausentes de autocorrelación. El cuadro 52 permite contar con los parámetros de decisión típicos para los modelos de datos de panel, los cuales son utilizados en esta investigación.

Cuadro 52. Parámetros de decisión para datos de panel

Análisis	Prueba	Criterio de decisión
Efecto fijo vrs Efecto Variable	Test de Hausman	$prob > ji^2 = \text{modelo efectos aleatorios}$ $prob \leq ji^2 = \text{modelo efectos fijos}$
Análisis de Multicolinealidad	Prueba Breusch Pagan	$\approx \sigma_u^2 = 0 \text{ no hay efectos aleatorios}$ $\approx \sigma_u^2 \neq 0 \text{ hay efectos aleatorios}$
Análisis de Heterocedasticidad	Prueba de White	$H_0: \text{Los datos son homocedasticos}$ $H_1: \text{Los datos son heterocedasticos}$
	Prueba F (Fisher)	$H_0: \text{No existe autocorrelación}$ $H_1: \text{Existe autocorrelación}$
Análisis de Autocorrelación	Prueba Durbin-Watson	$H_0: \text{los errores no están correlacionados}$ $H_1: \text{Existe autocorrelación en los errores}$

Fuente. Elaboración propia con datos de Gujarati & Porter, (2010) y Morera-Brieva et al, (2019)

Por último, el modelo presenta un poder explicativo de 75,16%, lo que refleja una capacidad de ajuste aceptable, y se reconoce que el 25% faltante, puede estar contenido en diversas variables que esta investigación no profundiza o no abarca del todo, como lo son aspectos socioeconómicos o características familiares, no obstante, estas ausencias de información, son oportunidades de investigación para complementar los resultados encontrados.

Un punto clave surge del hecho, de que a pesar de introducir múltiples indicadores en el capítulo dos de esta investigación, estos no reflejan en su totalidad un impacto directo y sensible sobre la productividad de los sistemas ganaderos, ya que no todas las actividades están vinculadas directamente a esta característica, situación que es de esperarse. Sin embargo, con las condiciones invariantes de la muestra estudiada, se logró determinar que los indicadores que evalúan la alta exigibilidad bancaria, los alimentos principales, la tierra, la maquinaria y los salarios, sí tienen una relación directa con la productividad de los sistemas, y por tanto son significativos para el modelo, lo que mueve a pensar que son variables que se deben evaluar más a profundidad para poder establecer un diagnóstico de condición estable o de oportunidad de mejora.

Considerando los resultados obtenidos del modelo aceptado, este se complementa con los indicadores mostrados en el cuadro 53, los cuales pueden evolucionar con una recopilación de información más exhaustiva, y duradera en el tiempo, ya que la

construcción de estos nace del resultado del esfuerzo del trabajo de campo realizado por la Corporación Ganadera Costarricense durante cuatro años de manera constante.

Cuadro 53. Principales indicadores para la estimación de la productividad

Principales indicadores para la estimación de la productividad

$$Aliment\ princ = 47,60\% \times Minerl + 27,94\% \times Subp. Agric + 24,47\% \times Concentr$$

$$Financ = 41,75\% \times Amort + 41,28\% \times Cuot banc + 16,96\% \times Comis banc$$

$$Tierra.\área = 28,23\% \times Camin + 26,32\% \times Alamb púa + 22,80\% \times Árbol cerca$$

$$M.E 10 = 56,23\% \times Parrays + 27,67\% \times Otrs M.E + 16,09\% \times Rpst vars$$

$$S.formales = 40,35\% \times Sal oper + 32,17\% \times C.S + 27,48\% \times Sal admtr$$

$$S.informales = 54,85\% \times M.O Fam + 31,93\% \times Otro salr + 13,22\% \times C.S$$

Fuente. Elaboración propia

XI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al realizar un análisis desde el ámbito bioeconómico, se abre la posibilidad al investigador de experimentar múltiples áreas de conocimiento con un nivel de profundidad elevado, en las que se evidencia el potencial para desarrollar los nuevos modelos a partir de la biodiversidad, la bioenergía y la biotecnología.

Acoplar toda esta información al estudio de la ganadería, da como resultado una serie de puntos claves que permiten diagnosticar el estado en que el sector se encuentra, y de generar oportunidades de mejora, las cuales son pasos que se deben tomar para llegar a un sistema catalogado como modelo, sostenible y de referencia para la región latinoamericana.

En esta investigación, se encontraron cinco puntos fundamentales para el desarrollo de la bioeconomía y su aplicación al sector pecuario, los cuales abarcan temas de aplicabilidad de los modelos, de apoyo gubernamental, transformación social, evolución programada y legislación articulada. En el caso de la aplicabilidad de los modelos, aunque ya muchas naciones en todo el mundo han perfeccionado sus estrategias y otras se encuentran en etapa de desarrollo, estas se han aplicado en un nivel más teórico, debido a que la explosión de política bioeconómica a nivel mundial, cuenta con escasos veinte años, por lo que, a nivel operativo, diferentes sectores productivos no se encuentran preparados para sustituir sus sistemas.

Esta situación se reflejó de una forma más clara, en el contexto actual de pandemia covid-19, en donde se generó una gran incertidumbre en la producción a nivel mundial, la cual junto con las tensiones políticas y económicas, exaltaron la característica de volatilidad en los precios del petróleo. Este caos evidenció indirectamente que existe una gran oportunidad para la biorrefinería y el aprovechamiento de los biocombustibles, en donde, la inclusión de estos productos, diluiría el monopolio, permitiría el desapego a los hidrocarburos y los transformaría en bienes menos inelásticos, por lo que su precio estaría fijado de acuerdo a las condiciones de oferta y demanda del mercado.

Sin embargo, en el contexto actual costarricense, esta situación aún no sucede y el país es un fuerte dependiente de los hidrocarburos, por lo que, si se busca un sector ganadero sostenible, se deben desarrollar planes mucho más allá de únicamente las fincas.

En segundo lugar, cualquier modelo que busque una transformación de los sectores productivos, necesita como pilar fundamental el apoyo económico y los incentivos necesarios para la investigación, ya que es imposible obtener resultados distintos aplicando las mismas metodologías de décadas atrás.

Costa Rica ha demostrado tener el talento humano y la capacidad científica para desarrollar modelos bioeconómicos de ganadería sostenible, alcanzando acciones como la transformación de suero de leche en biocombustible o generando alimentos de alto valor a partir de microalgas, sin embargo, muchos de los proyectos que promueven la sostenibilidad, cuentan con la dificultad de obtener financiamiento.

En tercer lugar, la transformación social se muestra como un punto de convergencia para las estrategias de bioeconomía, ya que se parte del hecho de que los consumidores tienen que ver con naturalidad los nuevos bioproductos que se generen. Esto es un medio para incentivar la activación económica a partir de bioemprendimientos, los cuales tienen la capacidad de potenciar productos considerados actualmente como materia prima, hacia nuevos bienes de alto valor agregado, sin embargo, para alcanzar dicho estado, se requiere una estrategia de aprendizaje social que promueva la mentalidad de sostenibilidad en las nuevas generaciones.

Con respecto a la evolución constante de los sistemas, se parte del hecho de que todas las bioeconomías mundiales están haciendo frente a las mismas problemáticas, como el cambio climático, el aumento demográfico y la constante necesidad de aumentar los niveles de producción, por lo que, el planteamiento de proyectar los cambios necesarios en el tiempo para amortiguar estas situaciones, son estrictamente necesarios, de forma que, se le dé mayor valor práctico a la bioeconomía, de una manera gradual sin afectar a aquellos actores que son altamente dependientes y productores del petróleo.

De forma vinculante, el análisis de legislación costarricense permite entender por qué el país es actualmente un referente mundial en términos de conservación. El elevado número de leyes y el bagaje nomotético en materia de protección, han permitido moldear un aparato estatal ambiental que hoy se ve como un ejemplo para los demás países, por lo que, esa experiencia debe ser replicada en términos de bioeconomía y de desarrollo agropecuario de última era, ya que el potencial de generación a partir de recursos naturales tiene la capacidad de plasmar resultados positivos para el sector en el corto y mediano plazo.

Sin embargo, Costa Rica a pesar de contar con numerosas instituciones y un marco legal abundante, aún necesita la articulación de todos esos insumos en una sola política sectorial agropecuaria, que moldeé la estructura productiva del sector en función de la bioeconomía. Este factor se ha desarrollado a nivel global como uno de los principales retos a evaluar en los gobiernos para la implementación de los sistemas bioeconómicos, sin embargo, se puede comprobar que el tema no debe abordarse desde la creación de instituciones o leyes, sino desde el ordenamiento del material actual, el cual establezca los alcances y limitaciones del nuevo modelo.

En cuanto a indicadores, la construcción de estos debe generar herramientas capaces de mantenerse por su propio peso. Esto desde el ámbito metodológico, de forma que los resultados obtenidos sean producto del comportamiento propio de los datos, y no estén sujetos al posible sesgo que otros métodos podrían introducir al estudio, sino que sean alimentados con forme aumente la recopilación de información, y su evolución, se fundamente en los cambios productivos en la actividad ganadera.

En segundo lugar, a nivel práctico, la construcción de indicadores para ganadería debe estar enfocada en evaluar la sostenibilidad de una cadena y no de un eslabón, ya que, aunque podemos estimar la condición de un gran número de variables dentro de las fincas, existe la necesidad de profundizar en el entorno en las subastas, los mercados mayoristas y el acceso de los consumidores a través de los minoristas.

No obstante, se reconoce que la labor que se ha desarrollado a partir del manual operativo de Nama Ganadería, es la base para llegar a eso, y ha creado una construcción propia de indicadores capaz de examinar minuciosamente el aporte de las fincas a la sostenibilidad.

Finalmente, el modelo de productividad desarrollado se centra en la capacidad de exponer que los alimentos, los salarios, los equipos, la tierra y las relaciones bancarias son los puntos decisivos y más influyentes en la productividad de las fincas, esto bajo el contexto y la delimitación temporal que envuelve esta investigación, ya que en una posible futura evaluación con mayor cantidad de información y otro contexto temporal, se podrían arrojar nuevos componentes que permitan proyectar el comportamiento de la productividad bajo otras características.

No se puede dejar de lado el contexto que acompaña a todas estas variables, ya que es sabido que la alimentación representa uno de los costos más importantes en la actividad pecuaria, no obstante, el país tiene una serie de expertos y centros de investigación

capacitados para determinar las dietas precisas de los animales, por lo tanto, estar en contacto con estas entidades, es un reflejo de una administración óptima.

El tema de la relación entre formalidad y productividad que envuelve la variable de salarios, permitió reforzar el hecho de que la mano de obra familiar (como un factor bioeconómico) trabajado desde la formalidad, puede potenciar una actividad económica más próspera.

Desde el punto de vista de maquinaria y tierra, estas señalan que una cantidad elevada de bienes, no necesariamente representan mayores niveles de productividad, sino se acatan desde la óptica de la economía de escala, por lo que, se muestra una oportunidad para mejorar. En el caso de las obligaciones bancarias, se desconoce el motivo que lleva a endeudarse a los productores pecuarios, sin embargo, se plantea el supuesto que son inversiones en sus propias fincas, por lo que existe el apalancamiento operativo y administrativo que eventualmente, va a ser un sistema más productivo.

En último lugar, la mayor recomendación que surge de la investigación se concentra en el hecho de que sin productividad, no hay sostenibilidad, pensando esto a nivel global, pero actuando a nivel local, por tanto, se debe trabajar en mejorar las cadenas de valor, de modo que estas persigan los objetivos de la sostenibilidad desde cada uno de sus enfoques, sin la necesidad de perder capacidad productiva.

El análisis de la cadena de valor de la ganadería, representa una investigación con otro enfoque, no obstante, ya se logran identificar casos de éxito de la carne sostenible en Estados Unidos, la cual presenta vínculos claramente identificados y una serie de indicadores en cada uno de los eslabones que le aseguren al comprador, que el bien está procesado bajo las normas de sostenibilidad.

Profundizar este tema permitiría explorar el potencial para el desarrollo rural y la empleabilidad, que a su vez traería consigo redes más articuladas, controladas y una posible reducción en la migración de las zonas rurales, no obstante el primer paso para comprender la sostenibilidad de forma holística se da en aplicar los conceptos bioeconómicos a las dinámicas de las cadenas de valor, concibiendo que no es un tema que le atañe únicamente al sector primario, sino que este está envuelto entre una compleja número de transacciones, la codificación de las mismas y la capacidad de mantener el suministro constante, sin dilapidar los recursos naturales en el tiempo (Gereffi et al., 2005).

XIII BIBLIOGRAFIA

Adamowicz, M. (2017). *Bioeconomy—Concept, Application and Perspectives* (SSRN Scholarly Paper ID 2983072). Social Science Research Network.
<https://papers.ssrn.com/abstract=2983072>

Aguilar, A., Wohlgemuth, R., & Twardowski, T. (2018). Perspectives on bioeconomy. *New Biotechnology*, 40, 181-184. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.06.012>

Ahmad Ghorbani, E. Rahimabadi, & S. A. Mirmahdavi. (2009). *Economic Efficiency of Caspian Cattle Feedlot Farms*. <https://doi.org/DOI: 10.3923/ajas.2009.25.32>

Ali Agus, Tri Satya, & Mastuti Widi. (2018). Current situation and future prospects for beef cattle production in Indonesia—A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. <https://doi.org/doi.org/10.5713/ajas.18.0233>

Alves-Pinto, H. N., Newton, P., & Pinto, L. (2013). *Certifying sustainability: Opportunities and challenges for the cattle supply chain in Brazil* [Working Paper]. <https://cgospace.cgiar.org/handle/10568/34063>

Anwarul Hoque, & Adesoji O Adelaja. (1984, octubre). *Factor Demand and Returns to Scale in Milk Production: Effects of Price, Substitution and Technology*. https://www.researchgate.net/publication/311427634_Factor_Demand_and_Returns_to_Scale_in_Milk_Production_Effects_of_Price_Substitution_and_Technology

Aramyan, L. (2007). *Measuring supply chain performance in the agri-food sector*.

Asamblea Legislativa República de Costa Rica. (2020).
<http://www.asamblea.go.cr/Pages/PageNotFoundError.aspx?requestUrl=http://www.asamblea.go.cr/sd/SiteAssets/Lists/Consultas%20Biblioteca/EditForm/LISTADO%20DE%20LEYES%20ACTUALIZADAS.pdf>

Barrantes Aguilar, L. E. (2014). *Estimación de una función de costos, elasticidades y eficiencia técnica en fincas ganaderas de leche asociadas a la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. y su relación con la estimación parcial de la huella de carbono.*

Bele, B., Norderhaug, A., & Sickel, H. (2018). Localized Agri-Food Systems and Biodiversity. *Agriculture*, 8(2), 22. <https://doi.org/10.3390/agriculture8020022>

Betancourt, K., & Ibrahim, M. (2005). *Caracterización del manejo productivo de sistemas lecheros en la cuenca del río Bulbul de Matiguás, Matagalpa, Nicaragua*. 14.

BioStep. (2020). *Bioeconomy strategies*. <http://www.biostep.eu/background/bioeconomy-strategies.html>

Birner, R. (2018). Bioeconomy Concepts. En I. Lewandowski (Ed.), *Bioeconomy: Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy* (pp. 17-38). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68152-8_3

Brundland Report. (1987). *The Brundtland Report 'Our Common Future'* (Volker Hauff). Oxford University Press.
<https://www.sustainabledevelopment2015.org/AdvocacyToolkit/index.php/earth-summit-history/historical-documents/92-our-common-future>

CEPAL. (2018). *Bioeconomía en América Latina y el Caribe, 2018. Memoria del seminario regional realizado en Santiago, los días 24 y 25 de enero de 2018*. 75.

Chacón, M., Segura, J., Jenkins, A., Fallas, M., Villanueva, D. O. C., Chacón-Cascante, A., Abarca, S., Ordoñez, J. C., Farnworth, C. R., Arango, J., & Rosenstock, T. S. (2015). *Próximos pasos del NAMA Ganadería en Costa Rica: Síntesis de las consultas con actores y evaluación rápida de su estado actual*.
<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/79962>

Chacón-Cascante, adriana, & Posada, K. (2012). *Estimación de la eficiencia productiva de fincas seleccionadas de la Cooperativa de productores de Leche Dos Pinos de R.L. - PDF.* <https://docplayer.es/amp/67523391-Estimacion-de-la-eficiencia-productiva-de-fincas-seleccionadas-de-la-cooperativa-de-productores-de-leche-dos-pinos-de-r-l.html>

Cobo, R., & Borroto, O. (2013). *Determination of the bio-economical efficiency of milk production throughout data envelopment analysis models.* 47(3), 233-236.

CORFOGA. (2019). *Precios canal – CORFOGA – Corporación Ganadera.* <https://www.corfoga.org/estadisticas/precios/>

CORFOGA. (2020). *Costos de Producción – CORFOGA – Corporación Ganadera.* <https://www.corfoga.org/costos-de-produccion/>

de Jaramillo, E. H., Henry, G., & Trigo, E. (Eds.). (2019). *La bioeconomía. Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina: Bioeconomy. New framework for sustainable growth in Latin America* (1.^a ed.). Pontificia Universidad Javeriana. <https://doi.org/10.2307/j.ctvkwnpxt>

Dietz, T., Börner, J., Förster, J. J., & Von Braun, J. (2018). Governance of the Bioeconomy: A Global Comparative Study of National Bioeconomy Strategies. *Sustainability*, 10(9), 3190. <https://doi.org/10.3390/su10093190>

El-Chichakli, B., von Braun, J., Lang, C., Barben, D., & Philp, J. (2016). Policy: Five cornerstones of a global bioeconomy. *Nature News*, 535(7611), 221. <https://doi.org/10.1038/535221a>

Estrada, P., Marquez, S., & Monica M. (2005). Interacción de los factores ambientales con la respuesta del comportamiento productivo en pollos de engorde. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(3), 246-257.

FAGANIC. (2019, octubre 18). Reporte de precios nacionales, 18 de octubre 2019.

Federación de Asociaciones Ganaderas de Nicaragua.

<http://faganic.com/2019/10/18/1647/1647/>

FAO. (2018, enero 18). *Shaping the future of livestock. Sustainably, responsibly, efficiently.* The 10th Global Forum for Food and Agriculture (GFFA).

<http://www.fao.org/3/i8384en/I8384EN.pdf>

Federal Ministry of Education and Research. (2015). *Bioeconomy in Germany—National Research Strategy bioeconomy* (p. 106) [Text].

https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/bioeconomy-germany-opportunities-bio-based-sustainable-future_en

Federal Ministry of Food and Agriculture. (2014). *National Policy Strategy on Bioeconomy.* Federal Ministry of Food and Agriculture.

<https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/EN/Publications/NatPolicyStrategyBioeconomy.html>

Federal Ministry Republic of Austria. (2019). *Austria's Bioeconomy Strategy, BMLRT* (p. 71). <https://www.bmlrt.gv.at/english/environment/Climateprotect/Austria-s-Bioeconomy-Strategy.html>

Ferrán, J. B., & Sánchez, J. S. (1997). Intensificación de la ganadería porcina y problemas medioambientales en la Conca de Tremp (Pirineo Catalán). *Espacio Tiempo y Forma. Serie VI, Geografía*, 0(10), Article 10.

<https://doi.org/10.5944/etfvi.10.1997.2543>

Ferreira, A., Marques, P., Ribeiro, B., Assemany, P., de Mendonça, H. V., Barata, A., Oliveira, A. C., Reis, A., Pinheiro, H. M., & Gouveia, L. (2018). Combining biotechnology with circular bioeconomy: From poultry, swine, cattle, brewery,

dairy and urban wastewaters to biohydrogen. *Environmental Research*, 164, 32-38. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.02.007>

Flemish Government. (2014). *Bioeconomy in Flanders. The vision and strategy of the Government of....* <https://www.vlaanderen.be/publicaties/bioeconomy-in-flanders-the-vision-and-strategy-of-the-government-of-flanders-for-a-sustainable-and-competitive-bioeconomy-in-2030>

Garza, J. (2019). *Ganadería en Costa Rica es carbono positiva gracias a estrategia ambiental.* <https://www.larepublica.net/noticia/ganaderia-en-costa-rica-es-carbono-positiva-gracias-a-estrategia-ambiental>

Gereffi, G., Humphrey, J., & Sturgeon, T. (2005). The governance of global value chains. *Review of International Political Economy*, 12(1), 78-104. <https://doi.org/10.1080/09692290500049805>

German Bioeconomy Council. (2015). *Bioeconomy Policy (Part II) – Synopsis of National Strategies around the World.* 136.

Gerssen-Gondelach, S., Wicke, B., & Faaij, A. (2015). Assessment of driving factors for yield and productivity developments in crop and cattle production as key to increasing sustainable biomass potentials. *Food and Energy Security*, 4(1), 36-75. <https://doi.org/10.1002/fes3.53>

Gobierno de España. (2015). *Estrategia Española de Bioeconomía- Horizonte 2030.* <http://bioeconomia.agripa.org/>

Golembiewski, B., Sick, N., & Bröring, S. (2015a). The emerging research landscape on bioeconomy: What has been done so far and what is essential from a technology and innovation management perspective? *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 308-317. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.03.006>

Golembiewski, B., Sick, N., & Bröring, S. (2015b). The emerging research landscape on bioeconomy: What has been done so far and what is essential from a technology and innovation management perspective? *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 308-317. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.03.006>

Grigoryan, A., & Borodavkina, N. (2017). The Baltics on Their Way towards a Circular Economy. *Baltic Region*, 9(3), 4-14. <https://doi.org/10.5922/2079-8555-2017-3-1>

Grisley, W., & Gitu, K. W. (1984). The Production Structure Of Pennsylvania Dairy Farms. *Northeastern Journal of Agricultural and Resource Economics*, 13(2), 1-9.

GRSB. (2018). *GRSB Sustainability Report*. 30.

Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometria* - damodar_n_gujarati.pdf (Quinta). McGraw Hill. https://scalleruizunp.files.wordpress.com/2015/04/econometria_-_damodar_n_gujarati.pdf

Gurrea, M. T. (2000). *ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES*. 11.

Haddad, S., Britz, W., & Börner, J. (2019). Economic Impacts and Land Use Change from Increasing Demand for Forest Products in the European Bioeconomy: A General Equilibrium Based Sensitivity Analysis. *Forests*, 10(1), 52. <https://doi.org/10.3390/f10010052>

Hafla, A. N., MacAdam, J. W., & Soder, K. J. (2013). Sustainability of US Organic Beef and Dairy Production Systems: Soil, Plant and Cattle Interactions. *Sustainability*, 5(7), 3009-3034. <https://doi.org/10.3390/su5073009>

Heink, U., & Kowarik, I. (2010). What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological Indicators*, 10(3), 584-593. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.09.009>

Himawan Arif, & Yanuar Rachmansyah. (2010). Economics analysis of optimal milk production in small-scale dairy farming in Yogyakarta, Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan*, 3(2).

<https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jejak/article/view/4652>

Hodson de Jaramillo, E., Trigo, E., Henry, G., Aramendis Ramírez, R. H., Castaño, A., Coremberg, A., Costa, R., Díaz, E., Doorn, M., Gálvez Mariscal, A., Hernández Velázquez, I., Leal, M., G. Oliveira, A., Ospina, B., Patino, H., Marcelo, M., Rodríguez-Vargas, A. G., & Otero, M. (2019). *La bioeconomía. Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/43705>

ICT. (2009). *Ley Organica del Instituto Costarricense de Turismo*.

<https://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/legislaci%C3%B3n-de-empresas/leyes-y-reglamentos/610-ley-organica-del-instituto-costarricense-de-turismo/file.html>

IICA. (2013). *Experiencias exitosas en Bioeconomía*.

<https://www.iica.int/en/content/experiencias-exitosas-en-bioeconom%C3%ADA>

IMAGRO. (2019). *Indice Mensual de la Actividad Agropecuaria- IMAGRO Agosto*

<http://www.infoagro.go.cr/EstadisticasAgropecuarias/IMAGRO/201908-IMAGRO.pdf>

INEC. (2019). *Costa Rica en cifras 2018*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

<http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/recostaricaencifras2018.pdf>

Italy Government. (2019). *BIT Bioeconomy in Italy—A new bioeconomy strategy for a sustainable* [Text]. https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/bit-bioeconomy-italy-new-bioeconomy-strategy-sustainable-italy_en

Jose Arce Cordero, Luis Villalobos, & Rodolfo Wing Ching Jones. (2015). *Costos de producción de ensilados de pastos tropicales elaborados en lecherías de costa rica.*

https://www.researchgate.net/publication/282851180_Costos_de_produccion_de_ensilados_de_pastos_tropicales_elaborados_en_lecherias_de_costa_rica

Kemp, D., Han, G., Hou, F., Hou, X., Li, Z., Sun, Y., Wang, Z., Wu, J., Zhang, X.,

Zhang, Y., & Gong, X. (2018). Sustainable management of Chinese grasslands—Issues and knowledge. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2018204>

Kentaro Katsumata, & Loren W Tauer. (2008, enero). *Empirical Analysis of Stanchion and Parlor Milking Cost on New York Dairy Farms.*

https://www.researchgate.net/publication/23515314_Empirical_Analysis_of_Stanchion_and_Parlor_Milking_Cost_on_New_York_Dairy_Farms

Kitchen, L., & Marsden, T. (2011). Constructing sustainable communities: A theoretical exploration of the bio-economy and eco-economy paradigms. *Local Environment*, 16(8), 753-769. <https://doi.org/10.1080/13549839.2011.579090>

Kleinschmit, D., Lindstad, B. H., Thorsen, B. J., Toppinen, A., Roos, A., & Baardsen, S. (2014). Shades of green: A social scientific view on bioeconomy in the forest sector. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29(4), 402-410.

<https://doi.org/10.1080/02827581.2014.921722>

Krasachat, W. (2007). *Economic Efficiency of Feedlot Cattle Farms in Thailand*. 5.

Lewandowski, I. (Ed.). (2018). *Bioeconomy: Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy*. Springer International Publishing.

[//www.springer.com/gp/book/9783319681511](https://www.springer.com/gp/book/9783319681511)

López-Vigoa, O., Tania, S., Gómez, J. M., Lamela-López, L., Soca, M., Arece-García, J., & Milera-Rodríguez, M. (2017). *Silvopastoral systems as alternative for sustainable animal production in the current context of tropical livestock production.* 40, 83-95.

Maciejczak, M. (2015). How To Analyze Bioeconomy? *Roczniki (Annals)*, 2015(6).

<https://ideas.repec.org/a/ags/paaero/233499.html>

Maciejczak, M., & Hofreiter, K. (2015). *How To Define Bioeconomy?*

<http://www.maciejczak.pl/download/15-4-Maciejczak.pdf>

MAG. (2015). *Estrategia para la Ganadería Baja en Carbono en Costa Rica.*

<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-11006.pdf>

Maia de Souza, D., Petre, R., Jackson, F., Hadarits, M., Pogue, S., Carlyle, C. N., Bork, E., & McAllister, T. (2017). A Review of Sustainability Enhancements in the Beef Value Chain: State-of-the-Art and Recommendations for Future Improvements. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 7(3).

<https://doi.org/10.3390/ani7030026>

Marqués, J. (2016). El futuro en los tiempos que corren... Consideraciones sobre la problemática ambiental en la era hipermoderna. *Psicología, Conocimiento y Sociedad*, 6(2), 299-320.

Martínez-Castillo, R. (2009). Sistemas de producción agrícola sostenible. *Revista Tecnología en Marcha*, 22(2), ág. 23-ág. 23.

Martos Peinado, J., Schilder, E., Galetto, A., Rodríguez Alcaide, J. J., Acero de la Cruz, R., & García Martínez, A. R. (1997). Determinación de la función de producción y el beneficio máximo en explotaciones lecheras extensivas en Argentina. *Archivos de zootecnia* 46 (173), 9-19 (1997).

<http://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/3357>

MICITT. (2019). *MICITT presentó X informe de Indicadores Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación: Costa Rica 2018 / MICITT.*

<https://www.micit.go.cr/noticias/micitt-presento-x-informe-indicadores-nacionales-ciencia-tecnologia-e-innovacion-costa-rica>

Ministry of Agriculture and Forestry of Finland. (2014). *Strategies and programmes.*

<https://mmm.fi/en/bioeconomy/strategies-and-programmes>

Ministry of Science, Technology and Innovation. (2012). *Bioeconomy Corporation / Bioeconomy Transformation Programme (BTP)* (p. 53).

<http://www.bioeconomycorporation.my/bioeconomy-malaysia/bioeconomy-transformation-project/>

Moldan, B., Janoušková, S., & Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators*, 17, 4-13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033>

Molina-Rivera, M., Olea-Pérez, R., Galindo-Maldonado, F. A., & Arriaga-Jordán, C. M. (2019). *Life Cycle assessment of three tropical livestock systems in Campeche, Mexico: Case of study.*

Morelli, J. (2011). Environmental Sustainability: A Definition for Environmental Professionals. *Journal of Environmental Sustainability*, 1(1), 1-10.

<https://doi.org/10.14448/jes.01.0002>

Morera-Brieva, F., Merino, C., & He, Y. (2019, octubre 3). *Manual Práctico para Datos de Panel.*

https://www.researchgate.net/publication/332859276_Manual_Practico_para_Datos_de_Panel

Nicolae, I., Gabriela, D. K., Iudith, I., & Alexandru, B. (2015). The Bioeconomy Model in Future Sustainable Development. *Studia Universitatis Vasile Goldis Arad*,

Seria Stiinte Economice, 25(2), 115-123. <https://doi.org/10.1515/sues-2015-0016>

Nițescu, D. C., & Murgu, V. (2020). The Bioeconomy and Foreign Trade in Food Products—A Sustainable Partnership at the European Level? *Sustainability*, 12(6), 2460. <https://doi.org/10.3390/su12062460>

Norwegian Ministries. (2016). *THE GOVERNMENT'S BIOECONOMY STRATEGY "*
FAMILIAR RESOURCES " UNDREAMT OF POSSIBILITIES / STIP Compass.
<https://stip.oecd.org/stip/policy-initiatives/2017%2Fdata%2FpolicyInitiatives%2F15867>

Pachoud, C., Re, R. D., Ramanzin, M., Bovolenta, S., Gianelle, D., & Sturaro, E. (2020). Tourists and Local Stakeholders' Perception of Ecosystem Services Provided by Summer Farms in the Eastern Italian Alps. *Sustainability*, 12(3), 1095. <https://doi.org/10.3390/su12031095>

Pedraza Olivera, R., Verónica, Guerra, R., Velasco, J., Jara, R., Guapi, R., & Privado, E. (2015). Indicadores de sostenibilidad en unidades vacunas de producción lechera en Ecuador Sustainability of Cow Milk Production Units in Ecuador. *Revista de Producción Animal*, 27.

Pérez Gutierrez, E. (2017). *Manual de manejo sistemas intensivos sostenibles de ganaderia de cria* (p. 56). MAG. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-10927.pdf>

Pindyck, R., & Rubinfeld, D. (2007). *Microeconomia 7ma Edicion Robert S Pyndick* *FREELIBROS COM.*
https://www.academia.edu/6753718/Microeconomia_7ma_Edicion_Robert_S_Pyndick_FREELIBROS_COM

Pirlogea, C. (2011). INVESTMENTS FOR A SUSTAINABLE ENERGY FUTURE.

Business Excellence and Management, 2(1), 21-30.

Quiroga Martínez, R. (2001). *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: Estado del arte y perspectivas*. CEPAL.

<https://repositorio.cepal.org//handle/11362/5570>

Quiroga Martínez, R. (2009). *Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org//handle/11362/5502>

Ramcilovic-Suominen, S., & Pülzl, H. (2018). Sustainable development – A ‘selling point’ of the emerging EU bioeconomy policy framework? *Journal of Cleaner Production*, 172, 4170-4180. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.157>

Ramírez, E. M., Monge, I. B., Flores, J. C. J., & Valverde Díaz, M. (2018). *Desempeño del Sector Agropecuario en el 2018*. 12.

Ramírez-Villar, P. E. (2016). Los objetivos de desarrollo del milenio: Una mirada quince años mas allá de su evolución. *Mundo Fesc*, 0(11), 62-71.

Reis, E. (2017). Opportunities and challenges to the sustainable development of cattle raising in Brazil, 1970–2005. *EconomiA*, 18(1), 18-39.

<https://doi.org/10.1016/j.econ.2016.07.004>

República Francesa. (2018). *A bioeconomy strategy for France: 2018-2020 Action plan*. <https://agriculture.gouv.fr/bioeconomy-strategy-france-2018-2020-action-plan>

Rivera, J. E., Chará, J., & Barahona, R. (2016). *Ánalisis del ciclo de vida para la producción de leche bovina en un sistema silvopastoril intensivo y un sistema convencional en Colombia*. 16.

Robert, Jonsson, R., Chudy, & Camia. (2020). The EU Bioeconomy: Supporting an Employment Shift Downstream in the Wood-Based Value Chains? *Sustainability*, 12, 758. <https://doi.org/10.3390/su12030758>

Rosegrant, M. W., Ringler, C., Zhu, T., Tokgoz, S., & Bhandary, P. (2013). Water and food in the bioeconomy: Challenges and opportunities for development. *Agricultural Economics*, 44(s1), 139-150. <https://doi.org/10.1111/agec.12058>

Sadhukhan, J., Dugmore, T. I. J., Matharu, A., Martinez-Hernandez, E., Aburto, J., Rahman, P. K. S. M., & Lynch, J. (2020). Perspectives on “Game Changer” Global Challenges for Sustainable 21st Century: Plant-Based Diet, Unavoidable Food Waste Biorefining, and Circular Economy. *Sustainability*, 12(5), 1976. <https://doi.org/10.3390/su12051976>

Sakho, Y. (Ed.). (2009). *Increasing Formality and Productivity of Bolivian Firms*. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8023-9>

Salmón, Y., Funes-Monzote, F. R., & Martín, O. M. (2012). Evaluación de los componentes de la biodiversidad en la finca agroecológica «Las Palmitas» del municipio Las Tunas. *Pastos y Forrajes*, 35(3), 321-332.

Salomão, P., Nery, I., & Pereira, J. (2020). Avaliação da sustentabilidade da pecuária em propriedades rurais no município de Malacacheta. *Research, Society and Development*, 9, 152911858. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1858>

Sarandón, S. J. (2002). El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. *Agroecología: El camino para una agricultura sustentable*, 20, 393–414.

Schawb, K. (2019). *The Global Competitiveness report*. World Economic Forum. http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

Schmid, O., Padel, S., & Levidov, L. (2012). *The Bio-Economy Concept and Knowledge Base in a Public Goods and Farmer Perspective* (Journal Paper N.º 1). Bio-Based and Applied Economics. <https://orgprints.org/20942/>

SCIJ. (2020). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*.
http://www.pgrweb.go.cr/scij/avanzada_pgr.aspx

Senara. (s. f.). *6877 Ley de creacion del SENARA.pdf*. Recuperado 26 de marzo de 2020, de
http://www.senara.or.cr/acerca_del_senara/marco_legal/leyes_senara/6877%20Ley%20de%20creacion%20del%20SENARA.pdf

Sierra, R., Cambronero, A., & Vega, E. (2016). *Patrones y factores de cambio de la cobertura forestal natural de Costa Rica, 1987-2013*.
<http://reddcr.go.cr/es/centro-de-documentacion/cambio-de-uso-de-suelo>

Sneessens, I. (2013). *Eficiencia ambiental y eficiencia económica de las fincas lecheras de la cooperativa Dos Pinos, Costa Rica* [Thesis].
<http://repositorio.bibliotecaorto.catie.ac.cr:80/handle/11554/7777>

South African Government. (2013). *Bio-economy Strategy* / South African Government.
<https://www.gov.za/documents/bio-economy-strategy>

Staffas, L., Gustavsson, M., McCormick, K., Staffas, L., Gustavsson, M., & McCormick, K. (2013). Strategies and Policies for the Bioeconomy and Bio-Based Economy: An Analysis of Official National Approaches. *Sustainability*, 5(6), 2751-2769. <https://doi.org/10.3390/su5062751>

Swedish Government. (2012). *Swedish Research and Innovation Strategy for a Bio-based Economy* (p. 36) [Text].
https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/swedish-research-innovation-strategy-bio-based-economy_en

Tangen, S. (2002). *Understanding the concept of productivity*. 4.

Teagasc. (2008). *Towards 2030: Teagasc's Role in Transforming Ireland's Agro-Food Sector and the wider Bioeconomy / Inter American Dialogue*.

<http://globaltrends.thedialogue.org/publication/towards-2030-teagasc-s-role-in-transforming-irelands-agro-food-sector-and-the-wider-bioeconomy/>

Torres-Reyna, O. (2007). *Panel data analysis fixed and random effects using stata*. Princeton University. <https://www.princeton.edu/~otorres/Panel101.pdf>

Twardowski, T., Aguilar, A., Puigdomenech, P., Linkiewicz, A., Sowa, S., & Zimny, T. (2017). European Union needs agro-bioeconomy. *BioTechnologia*, 98(1), 73-78. <https://doi.org/10.5114/bta.2017.66619>

UCO. (2003). *Aproximación a un sistema de indicadores de sostenibilidad para la ganadería ovina en la provincia de Castellón*. Universidad de Córdoba. http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/27_17_10_5a._indicsostenibcastellon_1.pdf

UNED. (2012). *Normativa_-_curso_Administración_Tributaria_Municipal.pdf*. https://www.uned.ac.cr/extension/images/ifcmdl/Normativa_-_curso_Administraci%C3%B3n_Tributaria_Municipal.pdf

UNESCO. (2020). *How much does your country invest in R&D?* http://www.uis.unesco.org/_LAYOUTS/UNESCO/research-and-development-spending/index-en.html

U.S. Government. (2012). *National Bioeconomy Blueprint Released* /. <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2012/04/26/national-bioeconomy-blueprint-released>

USRSB. (2019). *US Beef Industry Sustainability Framework_2019.pdf.*

https://www.usrsb.org/CMDocs/USRSB/USBeefIndustrySustainabilityFramework_2019.pdf

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.

Zayas, R. T., Rodríguez, V. M., Viera, G. G., & Viera, R. G. (2013). Análisis de sostenibilidad de una finca pequeña con integración ganadería-agricultura.

Revista de Producción Animal, 25(2), 27-35.

XIV ANEXOS

Así como se dan estrategias de acercamiento a la bioeconomía desde ámbito holístico, también se han dado planes y programas específicos de potenciación de áreas clave en cada uno de los países. Como se puede observar en el anexo 1 existen múltiples programas enfocados en el desarrollo de la biomasa y la bioenergía, mientras que los países de mayor trayectoria tecnológica, han llevado a cabo estrategias específicas para el impulso de la biotecnología como medio de desarrollo bioeconómico.

Anexo 1. Estrategia de acercamiento a la Bioeconomía – Enfoques específicos

País	Estrategia	Autores
Austria	FTI-Strategy for a bio-based industry in Austria	Federal Ministry For Traffic, Innovations and Technology
Francia	The New Face Industry in France	Ministry for Economic Regeneration
	Les usages non alimentaires de la biomasse	Interministerial
Irlanda	Delivering our green potential – Government Policy Statement on Growth and Employment in the Green Economy	Government of Ireland
	Developing the green economy in Ireland	Report of the high level Group on Green Enterprise
Lituania	National Renewable Energy Action plan	Lithuania Government
Países Bajos	Green Deals Overview	Ministry of Economic Affairs
	2012 Bioenergy Status Document	Ministry of Economic Affairs
Portugal	Estrategia Nacional para o Mar	Government of Portugal
Rusia	State Coordination Program for the Development of Biotechnology in the Russian Federation until 2020 “BIO2020”	Government of the Russian Federation
Dinamarca	Growth Plan for Water, Bio and Environmental Solutions	The Danish Government
Noruega	Research Programme on Sustainable Innovation in Food and Bio-Based Industries	The Research Council of Norway
	National Strategy for Biotechnology	Ministry of Education and Research
	Marine Bioprospecting – a source of new and sustainable wealth growth	Interministerial document
Gran Bretaña	A UK Strategy for Agricultural Technologies	Interministerial document
	UK Bioenergy Strategy	Interministerial document
	UK Cross-Government Food Research and Innovation Strategy	Interministerial document
Kenia	A National Biotechnology Development Policy	Republic of Kenya
	Strategy for developing the Bio-Diesel Industry in Kenya (2008-2012)	Ministry of Energy
Mozambique	Politica e Estrategia de Biocombustiveis	Council of Ministers
Namibia	National Programme on Research, Science, Technology and Innovation	National Commission on Research, Science and Technology (government)

Nigeria	Official Gazzete of the Nigerian Bio-fuel Policy and Incentives	Federal Republic of Nigeria
Senegal	Lettre de Politique de Developpment du Secteur de L'Energie	Interministerial document
	Biofuels in Senegal – The Jathropha program	Ministry of Agriculture
Sur Africa	A National Biotechnology Strategy for South Africa	Unspecified
	Public Perceptions of Biotechnology in South Africa	Human Sciences Research Council (HSRC) & Technology Innovation Agency (TIA)
Tanzania	National Biotechnology Policy	Ministry of Communication, Science and Technology
Uganda	Biomass Energy Strategy Uganda	Ministry of Energy and Mineral Development
	National Biotechnology and Biosafety Policy	Ministry of finance, planning and Economic Development
	The Renewable Energy Policy for Uganda	Ministry of Energy and Mineral Development
Canada	Growing Forward 2 in Newfoundland and Labrador	Government of Newfoundland and Labrador
	The Canadian Biotechnology Strategy	Government of Canada
	British Columbia Bioeconomy	Government of Canada
	Bioeconomy Alberta	Government of Alberta
	Ontario Bioproduct Strategy	Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs
Mexico	Estrategia Intersectorial de los Bioenergeticos	Interministerial document
Estados Unidos	Farm Bill	Congressional Research Service
	Strategic Plan for a Thriving And Sustainable Bioeconomy	Bioenergy Technologies Office-US Department of Energy
Argentina	Biotecnologia argentina al año 2030: Llave estrategica para un modelo de desarrollo tecnico productivo	Ministry of Science, Technology and Productive Innovation
Brazil	Plano decenal de Expansao de Energia 2023	Ministry of Mines and Energy
	Politica de Protecao de Desenvolvimento da Tecnologia	Brazilian Government
	Brazil's National Biodiesel Program	
	Biotechnology Strategy	
Colombia	Politica para el Desarrollo Comercial de la Biotecnologia a partir de uso sostenible de la Biodiversidad	Council for Economic and Social Policy
Paraguay	Politica y Programa Nacional de Biotecnologia Agropecuaria y Forestal de Paraguay	Agriculture Ministry
Uruguay	Plan Sectorial de Biotecnologia 2011-2020	Interministerial document
China	12th Five-year Plan (2011–2015) on Agricultural Science and Technology Development	Ministry of Agriculture
	National Modern Agriculture Development Plan	Ministry of Agriculture
	13th Five-Year Plan for Environmental Protection	State Council of the People's Republic of China
	13th Five-Year Plan For economic and social development of the People's Republic of China (2016–2020)	Central Committee of the Communist Party of China
	13th Five-Year Plan for the Environmental Health Work of National Environmental Protection	Ministry of Environmental Protection

	The National Medium- and Long-Term Program for Science and Technology Development (2006–2020)	National Development and Reform Commission
	13th Five-Year Plan for Energy Saving and Emission Reduction	General Office of the State Council
	13th Five-Year Plan for Bioindustry Development	State Council of the People's Republic of China
	Policies to Promote Quick Development of Biological Industry. 2009	State Council of the People's Republic of China
	13th Five-year Plan for National Strategic Emerging Industries	State Council of the People's Republic of China
	13th Five Year Plan of Renewable Energy Development	State Council of the People's Republic of China
India	National Biotechnology Development Strategy 2015-2020	Ministry of Science & Technology
	The Bioenergy RoadMap (2012)	Ministry of Science & Technology
Japon	The 3rd Fundamental Plan for Establishing a Sound Material – Cycle society 2013	Ministry of the Environment
	Biomass Strategy	
	Biomass Industrialization Strategy	
Malasia	National Biomass Strategy 2020: New wealth creation for Malaysia's biomass industry Version 2.0	National Innovation Agency of Malaysia
	Biotechnology for Wealth Creation and Social Wellbeing	Ministry of Science, Technology and Innovation
	National Biomass Strategy (2 nd version)	Malaysian Government
Corea del Sur	Biotechnology in Korea (2013)	Ministry of Science, ICT and Future Planning (Commissioner)
	Status of Biotechnology in Korea	Biotech Policy Research Center
	Vision 2015: Korea's Long-term Plan for S&T Development	Ministry of Science and Technology
Sri Lanka	National Biotechnology Policy	Ministry of Science and Technology
Tailandia	Thailand's National Biotechnology Policy Framework (2012–2021)	Ministry of Science and Technology
	Alternative Energies Development Plan 2012–2021	Ministry of Energy
	National Roadmap for the Development of Bioplastics Industry (2008–2012)	Ministry of Science and Technology
Australia	National Collaborative Research Infrastructure Strategy	Department of Industry, Innovation, Climate Change, Science, Research and Tertiary Education
	Opportunities for Primary Industries in the Bioenergy Sector—National Research, Development and Extension Strategy	Rural Industries Research and Development Corporation (Semi-Government agency)
	2011 Strategic Roadmap for Australian Research Infrastructure	Department of Industry, Innovation, Climate Change, Science, Research and Tertiary Education
	Bioenergy – Strategic Plan 2012-2015	Private Industries association
	Biotechnology and Australian Agriculture: Toward the Development of a Vision and Strategy for the Application of Biotechnology to Australian Agriculture	

	Bioenergy implementation plan	
Nueva Zelanda	2014 Sector Investment Plan—Biological Industries Research Fund	Ministry of Business, Innovation and Employment
	The Business Growth Agenda	Ministry of Business, Innovation and Employment
	Bioenergy Strategy	Bioenergy Association
	Biological Industries Research Fund – Sector investment plan	BANZ, FOA, NZFFA, NZIF, NZBIO, FICA, FFR
Dinamarca	The Copenhagen Declaration for a Bioeconomy in Action March 2012	The Danish Council for Strategic Research
Corea del Sur	Biovision 2016—For Building a Healthy Life and a Prosperous Bioeconomy	Ministry of Science and Technology
	Strategy for promotion of industrial biotechnology	Ministry of Science, ICT and Future Planning
Canada	Biotech Canada Innovation Agenda Policy Round Table	Biotech CANADA
Rusia	Bioindustry and Bioresources	BioTech 2030
Reino Unido	UK Bioenergy Strategy	Dpt for Transport, Dpt of energy & climate change, Dpt for en Ironmet Food and rural Aff irs
	Agri- Tech Strategy	HM Government
Indonesia	Bioenergy Policies and Regulation in Indonesia	Energy and Mineral Resources for People's Welfare
Filipinas	National Biofuels Plan (2013-2030)	
	Philippines Energy Plan (2012-2030)	
Ghana	Bioenergy Strategy	
Kenya	Strategy for Developing the Bio-Diesel Industry in Kenya (2008 – 2012)	Ministry of Energy. Renewable Energy Department
	Bioethanol Strategy (2009 – 2012)	
Mali	Biofuel Strategy (Strategie Nationale de Developpement des Biocarburants en Mali)	Agencia Nacional de Desarrollo de Biocarburantes
Mauricio	Economia del oceano	Economic Development Board Mauritius
Mozambique	National Biofuel Policy and Strategy	Mozambique Government

Fuente. Elaborado con datos de BioStep, (2020) y Dietz et al., (2018)

Anexo 2. Revisión de literatura en portales académicos

Directorio de Revistas de Acceso Abierto (DOAJ)		
Palabras clave	Titulo	Autores
Desarrollo sostenible	Los Objetivos de Desarrollo del Milenio: Una Mirada Quince Años Mas Allá De Su Evolución	(Ramírez-Villar, 2016)
Desarrollo Sostenible	El futuro en los tiempos que corren. Consideraciones sobre la problemática ambiental en la era hipermoderna	(Marqués, 2016)
Sostenibilidad - bioeconomía - agricultura	The Bioeconomy and Foreign Trade in Food Products—A Sustainable Partnership at the European Level?	(Nîtescu & Murgu, 2020)
Agricultura - bioeconomía	European Union needs agro-bioeconomy	(Twardowski et al., 2017)
Bioeconomía	Economic Impacts and Land Use Change from Increasing Demand for Forest Products in the European Bioeconomy: A General Equilibrium Based Sensitivity Analysis	(Haddad et al., 2019)
Desarrollo sostenible – economía circular - Bioeconomía	The Baltics on their way to a circular economy	(Grigoryan & Borodavkina, 2017)
Ganadería sostenible	Silvopastoral systems as alternative for sustainable animal production in the current context of tropical livestock production	(López-Vigoa et al., 2017)
Sostenibilidad - ganadería	Sustainability of Cow Milk Production Units in Marcos Espines Jurisdiction, Tungurahua-Ecuador	(Pedraza Olivera et al., 2015)
Sostenibilidad	Sustainable management of Chinese grasslands— issues and knowledge	(Kemp et al., 2018)
Ganadería sostenible	Intensificación de la ganadería porcina y problemas medioambientales en la Conca de Tremp (Pirineo Catalán)	(Ferrán & Sánchez, 1997)

Fuente. Elaboración propia con recopilación de información de DOAJ

Google Scholar		
Palabras clave	Titulo	Autores
Ganadería sostenible	Assessment of driving factors for yield and productivity developments in crop and cattle production as key to increasing sustainable biomass potentials	(Gerssen-Gondelach et al., 2015)
Sostenibilidad	Constructing sustainable communities: a theoretical exploration of the bio-economy and eco-economy paradigms	(Kitchen & Marsden, 2011)
Bioeconomía, biotecnología, biomasa	Combining biotechnology with circular bioeconomy: From poultry, swine, cattle, brewery, dairy and urban wastewaters to biohydrogen	(Ferreira et al., 2018)

Bioeconomía	How to define bioeconomy?	(Maciejczak & Hofreiter, 2015)
Bioeconomía	How to analyse bioeconomy?	(Maciejczak, 2015)
Agricultura - bioeconomía	Five cornerstones of a global bioeconomy	(El-Chichakli et al., 2016)
Bioeconomía	Shades of green: a social scientific view on bioeconomy in the forest sector	(Kleinschmit et al., 2014)
Sostenibilidad ganadera	Sustainability of US Organic Beef and Dairy Production Systems: Soil, Plant and Cattle Interaction	(Hafla et al., 2013)
Ganadería – bioeconomía - agricultura	The Bio-Economy Concept and Knowledge Base in a Public Goods and Farmer Perspective	(Schmid et al., 2012)
Ganadería- bioeconomía- desarrollo sostenible	Water and food in the bioeconomy: challenges and opportunities for development	(Rosegrant et al., 2013)

Fuente. Elaboración propia con recopilación de información de Google Scholar

SCOPUS		
Palabras clave	Título	Autores
Sostenibilidad – Ganadería - Agricultura	Análisis de sostenibilidad de una finca pequeña con integración ganadería-agricultura	(Zayas et al., 2013)
Sostenibilidad - Ganado	Sustainability evaluation of livestock in rural properties in the municipality of Malacacheta	(Salomão et al., 2020)
Desarrollo sostenible	Investments for a sustainable energy future	(Pirlogea, 2011)
Bioeconomía	The EU Bioeconomy: Supporting an Employment Shift Downstream in the Wood-Based Value Chains?	(Robert et al., 2020)
Ganado - sostenibilidad	Tourists and Local Stakeholders' Perception of Ecosystem Services Provided by Summer Farms in the Eastern Italian Alps	(Pachoud et al., 2020)
Ganadería – Desarrollo sostenible Agricultura	Opportunities and challenges to the sustainable development of cattle raising in Brazil, 1970–2005	(Reis, 2017)
Bioeconomía	The bioeconomy model in future sustainable development	(Nicolae et al., 2015)
Bioeconomía, sostenibilidad	Perspectives on “Game Changer” Global Challenges for sustainable 21 st century: Plan Based Diet, Unavoidable food waste biorefining and circular economy	(Sadhukhan et al., 2020)
Agricultura	Localized Agri-Food Systems and Biodiversity	(Bele et al., 2018)
Sostenibilidad - ganado	Certifying sustainability: opportunities and challenges for the cattle supply chain in Brazil	(Alves-Pinto et al., 2013)

Fuente. Elaboración propia con recopilación de información de Scopus

Anexo 3. Resultados de varianza y desviación estándar por ACP por categoría de análisis

SALARIOS

Componentes principales	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,4019	0,3931	0,3931
PC2	1,0797	0,2332	0,6262
PC3	0,9459	0,1789	0,8052
PC4	0,8031	0,1290	0,9342
PC5	0,5736	0,0658	1,0000

TERRENO

Componentes principales	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,2213	0,1492	0,1492
PC2	1,1000	0,1210	0,2702
PC3	1,0904	0,1189	0,3890
PC4	1,0301	0,1061	0,4951
PC5	1,0128	0,1026	0,5977
PC6	0,97709	0,09547	0,69320
PC7	0,94057	0,08847	0,78167
PC8	0,8944	0,0800	0,8617
PC9	0,87337	0,07628	0,93794
PC10	0,78776	0,06206	1,00000

MAQUINARIA Y EQUIPO

Componentes principales	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	2,2223	0,1646	0,1646
PC2	1,65480	0,09128	0,25590
PC3	1,49618	0,07462	0,33051
PC4	1,32851	0,05883	0,38935
PC5	1,26195	0,05308	0,44243
PC6	1,17665	0,04615	0,48858
PC7	1,11550	0,04148	0,53006
PC8	1,09316	0,03983	0,56989
PC9	1,05451	0,03707	0,60696
PC10	1,02105	0,03475	0,64171
PC11	1,00979	0,03399	0,67570
PC12	0,99455	0,03297	0,70867
PC13	0,96796	0,03123	0,73990
PC14	0,92265	0,02838	0,76828
PC15	0,86308	0,02483	0,79311
PC16	0,85372	0,02429	0,81740
PC17	0,80928	0,02183	0,83923

PC18	0,79485	0,02106	0,86029
PC19	0,76715	0,01962	0,87991
PC20	0,70732	0,01668	0,89659
PC21	0,69213	0,01597	0,91255
PC22	0,68329	0,01556	0,92812
PC23	0,64620	0,01392	0,94204
PC24	0,63931	0,01362	0,95566
PC25	0,56734	0,01073	0,96639
PC26	0,52570	0,00921	0,97560
PC27	0,49033	0,00801	0,98362
PC28	0,46295	0,00714	0,99076
PC29	0,40478	0,00546	0,99622
PC30	0,33671	0,00378	1,00000

INFRAESTRUCTURA

Componentes principales	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,8512	0,1804	0,1804
PC2	1,4433	0,1096	0,2900
PC3	1,36880	0,09861	0,38861
PC4	1,12559	0,06668	0,45529
PC5	1,11850	0,06584	0,52114
PC6	1,08429	0,06188	0,58302
PC7	1,06190	0,05935	0,64236
PC8	1,00779	0,05345	0,69582
PC9	0,97819	0,05036	0,74618
PC10	0,86932	0,03977	0,78595
PC11	0,84625	0,03769	0,82365
PC12	0,82033	0,03542	0,85906
PC13	0,70599	0,02623	0,88530
PC14	0,69630	0,02552	0,91081
PC15	0,6682	0,0235	0,9343
PC16	0,65539	0,02261	0,95692
PC17	0,58306	0,01789	0,97481
PC18	0,55380	0,01614	0,99095
PC19	0,41456	0,00905	1,00000

FINANCIEROS

Componentes principales	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,1031	0,3042	0,3042
PC2	0,9932	0,2466	0,5508
PC3	0,9811	0,2406	0,7915
PC4	0,9133	0,2085	1,0000

ALIMENTACION

Componentes principales	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,2984	0,1405	0,1405
PC2	1,1026	0,1013	0,2418
PC3	1,05061	0,09198	0,33378
PC4	1,03708	0,08963	0,42341
PC5	1,00896	0,08483	0,50825
PC6	1,00033	0,08339	0,59164
PC7	0,98661	0,08112	0,67275
PC8	0,9687	0,0782	0,7510
PC9	0,9372	0,0732	0,8241
PC10	0,91544	0,06984	0,89398
PC11	0,84347	0,05929	0,95327
PC12	0,74886	0,04673	1,00000

SANIDAD

Componentes principales	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,915	0,193	0,193
PC2	1,23832	0,08071	0,27371
PC3	1,15187	0,06983	0,34354
PC4	1,10142	0,06385	0,40739
PC5	1,06211	0,05937	0,46676
PC6	1,03664	0,05656	0,52332
PC7	1,00953	0,05364	0,57696
PC8	0,99062	0,05165	0,62861
PC9	0,98472	0,05104	0,67965
PC10	0,95533	0,04803	0,72768
PC11	0,89369	0,04204	0,76972
PC12	0,8619	0,0391	0,8088
PC13	0,85562	0,03853	0,84734
PC14	0,8085	0,0344	0,8818
PC15	0,75960	0,03037	0,91212
PC16	0,70780	0,02637	0,93848
PC17	0,68525	0,02471	0,96320
PC18	0,61758	0,02007	0,98327
PC19	0,56379	0,01673	1,00000

REPRODUCCIÓN

Componentes principales	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,3610	0,3087	0,3087
PC2	1,0088	0,1696	0,4784
PC3	1,0002	0,1667	0,6451
PC4	0,9750	0,1584	0,8035
PC5	0,8272	0,1140	0,9176
PC6	0,70329	0,08244	1,00000

COMBUSTIBLES

Componentes principales	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,1961	0,2862	0,2862
PC2	1,0536	0,2220	0,5082
PC3	0,9967	0,1987	0,7068
PC4	0,9147	0,1673	0,8741
PC5	0,7932	0,1258	1,0000

IMPUESTOS Y CARGAS

Componentes principales	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,2174	0,2117	0,2117
PC2	1,0365	0,1535	0,3652
PC3	1,0215	0,1490	0,5143
PC4	0,9868	0,1391	0,6534
PC5	0,9573	0,1309	0,7843
PC6	0,8851	0,1119	0,8962
PC7	0,8525	0,1038	1,0000

ANIMALES

Componentes principales	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,0988	0,2012	0,2012
PC2	1,0425	0,1811	0,3824
PC3	1,0136	0,1712	0,5536
PC4	0,9664	0,1557	0,7092
PC5	0,9614	0,1540	0,8633
PC6	0,9057	0,1367	1,0000

TRAZABILIDAD

Componentes principales	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,0695	0,3813	0,3813
PC2	0,9993	0,3329	0,7142
PC3	0,9260	0,2858	1,0000

SERVICIOS FIJOS

Componentes principales	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,1374	0,1617	0,1617
PC2	1,0798	0,1457	0,3075
PC3	1,0460	0,1368	0,4442
PC4	1,0217	0,1305	0,5747
PC5	0,9750	0,1188	0,6935
PC6	0,9324	0,1087	0,8022
PC7	0,9222	0,1063	0,9085
PC8	0,85548	0,09148	1,00000

SERVICIOS VARIABLES

Componentes principales	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,3964	0,2786	0,2786
PC2	1,0274	0,1508	0,4294
PC3	1,0141	0,1469	0,5763
PC4	1,0038	0,1439	0,7202
PC5	0,9474	0,1282	0,8485
PC6	0,8785	0,1103	0,9587
PC7	0,5377	0,0413	1,0000