

RELACIÓN ENTRE LA DIVERSIDAD PECUARIA Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA DE PEQUEÑOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS EN GUATEMALA

Julien J. Malard, Diana Dallmann, Ahn Bui, Lillian Yin,
Miguel García-Winder, Humberto Monardes, Hugo Melgar-Quñóñez*

Resumen

Una gran parte de la población mundial depende de la agricultura para su subsistencia y, por este motivo, la misma juega un papel importante en la lucha contra la pobreza y la subnutrición. Numerosos estudios han confirmado la importancia de la variedad de cultivos para la seguridad y diversidad alimentaria de pequeños productores; sin embargo, se ha analizado poco la relación entre la diversidad pecuaria y la seguridad alimentaria. Esta investigación tiene como objetivo examinar el impacto de la diversidad pecuaria en la seguridad alimentaria de pequeños productores agropecuarios, con las metas específicas de: 1) determinar qué índice de diversidad ecológica sería más apropiado para medir la diversidad pecuaria

* Julien J. Malard: BSc en Agricultura Internacional y Sistemas Alimentarios y candidato a doctorado por el Department of Bioresource Engineering, de la McGill University.
Diana Dallmann: candidata a doctorado por la School of Human Nutrition de la McGill University.
Ahn Bui: BSc y MSc por la School of Human Nutrition de la McGill University.
Lillian Yin: BSc por la School of Human Nutrition de la McGill University.
Miguel García-Winder: PhD, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
Humberto Monardes: PhD, profesor en el Department of Animal Science de la McGill University.
Hugo Melgar-Quñóñez: PhD, director del Institute for Global Food Security de la McGill University.

de pequeños productores agropecuarios; 2) establecer si hay relación entre esta medida de diversidad y el estado de seguridad alimentaria del hogar; y 3) explorar la relación entre la diversidad adentro y entre varios grupos funcionales de animales y la seguridad alimentaria del hogar.

Este estudio transversal utilizó datos de encuestas de hogares de pequeños productores agropecuarios de Guatemala, del 2011 (n=2577). Se evaluaron varios índices de diversidad pecuaria y se analizó, con el uso del modelo de enlaces acumulativos, su asociación con el estado de seguridad alimentaria del hogar. El índice de diversidad de Shannon se identificó como el índice más apropiado para representar la diversidad pecuaria de pequeños productores. Una mayor diversidad pecuaria en general, así como adentro de y entre varios grupos funcionales de animales pecuarios, se asociaron a una mejor seguridad alimentaria.

Palabras claves: agricultura de pequeña escala, agrupamiento jerárquico, diversidad funcional, índices de diversidad, índice de Shannon.

Rujalajojil ri taq awäj chikopi' - ¿achike nub'an roma ruchajinem kirikilal ri ko'ol ajtikonela' pa Iximulew?

Xe'eltzij

Ri tik'on yalän nkatz'in roma kikaslemaal k'iy winaqi' yek'as pa meb'a'il pa xekaj wach'ulew. Roma la', rajwaxik nqiyujun ri tiko'n chupam qasamaj chirij ri meb'a'il rik'in ruchajinem rikilal.

E k'iy jikilib'al xkik'ut chik ruk'atzinel rujalajojil tiko'n koma ruchajinem chuqa' rujalajojil kirikilal ri ko'ol ajtikonela', po man e k'iy ta ri jikilib'al chirij ruk'atzinel rujalajojil ri taq awäj chikopi' roma ruchajinem kirikilal ri ajtikonela'. Ri jikilib'al re' nraj nk'ulub'en ri k'utuj re', kik'in oxi' chik taq rayb'äl: 1) nkanoj achike rub'eyal jun rajilaxik rujalajojil iq'al nk'atzin roma rajilaxik rujalajojil ri taq aläj chikopi' ri ko'ol ajtikonela', 2) nkanoj we rujalajojil chikopi' k'o rachlajil chuwäch ruchajinem rurikilal ri achochilri'il, 3) nkanoj rachlajil rujalajojil chikipam chuqa' chikiwäch jalajoj kiwäch okisanel molaj chikopi' chuwäch ruchajinem rurikilal ri achochilri'il.

Re ik'ojuch' jik'ilibäl re' nkusaj rutzij jun ruk'utunem kachochilri'il ri taq ko'ol ajtikonela' aj Iximulen, 2011 (n=2577). E k'iy rajilaxil rujalajojil aläj chikopi' xetojto'eb'ekik kachlajil rik'in ruchajinem kirikälal ri ajtikonela' roma jun k'utb'äl kichin molon taq q'axal. Ri rajilaxik jalajojil Shannon rub'i' xtel chikiwäch ri taq ajilaxik, achi'el jun achilaxik nkatz'in rukusaxik roma ruk'exelil rujalajojil ri taq aläj chikopi' ri ko'ol ajtikonela'. Xk'utuxik chuqa' chi jun nim rujalajojil awäj chikopi', chikipam chuqa' chikiwäch jajalajojil kiwäch okisanel molaj chikopi', k'o rachlajil chuwäch jun ütꝥ ruchajinem kirikälal ri winaqi'. Re jik'ilib'äl re' nk'ut chik rajwaxik ri samaj jik'ilib'äl chirij ri awäj chikopi' ri taq ko'ol ajtikonela' pa Iximulen.

Achlajixik taq tzij: tiko'n ko'ol runimilem, molonem pa xakilem, rujalajojil okisanel rajilaxik jalajojil, rajilaxik Shannon.

Livestock diversity and its relation to the food security of smallholder farmers in Guatemala

Abstract

A large part of the world population living in poverty depends on agriculture for subsistence, and, as such, it is clear that agriculture plays an important role in the fight against poverty and malnutrition worldwide. While many studies have confirmed the importance of crop diversity for the food security and dietary diversity of smallholder farmers, there is a lack of research on the relationship between the diversity of a household's livestock holdings and its food security. This investigation therefore aims to address this gap by analyzing the impact of livestock diversity on the food security of smallholder farmers, with the specific objectives of: 1) determining which existing ecological diversity index would be most appropriate for measuring the livestock diversity of smallholder farms; 2) establishing whether there is a relationship between this measure and the food security status of households; and 3) exploring the relationship between diversity within and between various functional groups of livestock and the food security level of the household.

This cross-sectional study uses data from a survey of smallholder farming households in Guatemala (n=2577) to evaluate, using a cumulative link model, various potential indices of dietary diversity and their association with household food security. The Shannon diversity index was identified as the most appropriate index to represent smallholder farmers' livestock diversity. The results show that a higher livestock

diversity in general, as well as higher diversity between and within the various functional groups of livestock tested, were associated with a better household food security status. This study highlights the necessity for further study on the role of livestock holdings of smallholder farmers in the region.

Keywords: smallholder agriculture, hierarchical clustering, functional diversity, diversity indices, Shannon index.

Introducción

Según el informe de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) sobre el estado de la inseguridad alimentaria, en 2015, habían aproximadamente 795 millones de personas subnutridas en el mundo¹. Además, alrededor de 769 millones de personas estuvieron bajo la línea de pobreza². De estas, el 70 % vivían en zonas rurales (cuya población sigue creciendo, en el caso de Guatemala); mientras que el 60 % dependía de la agricultura para su subsistencia³. La agricultura desempeña un papel preponderante en la lucha contra la pobreza, especialmente en los países de bajos y medianos ingresos. Asimismo, con el aumento previsto de la población mundial, el papel de los trabajadores agrícolas nunca antes había cobrado tanta importancia⁴.

Los animales y los alimentos de origen animal juegan un papel central en la vida de muchos pequeños productores y sus familias. La tenencia de animales, además de mejorar el consumo de productos de origen animal (como la leche y la carne), tiene efectos positivos en el crecimiento y desarrollo cognitivo de los niños en países en desarrollo, por su altos valores nutricionales, contribuye al ingreso familiar, genera empleo y apoya la producción de

- 1 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Fund for Agricultural Development (IFAD) y World Food Programme (WFP), *The State of Food Insecurity in the World. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress* (Roma: FAO/IFAD/WFP, 2015), 4.
- 2 «Regional aggregation using 2011 PPP and \$1.9/day poverty line», PovcalNet, The World Bank, acceso el 5 de febrero de 2018, <http://iresearch.worldbank.org/PovcalNet/index.htm1>
- 3 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), prefacio a *FAO Statistical Yearbook 2013: World food and agriculture* (Roma: FAO, 2013), iii, <http://www.fao.org/3/i3107e/i3107e00.pdf>; *FAO Statistical Pocketbook 2015: World food and agriculture* (Roma: FAO, 2015), 115, <http://www.fao.org/3/a-i4691e.pdf>
- 4 FAO, IFAD y WFP, *The State of Food*, 4.

cultivos⁵. No obstante, mientras que la mayoría de investigaciones se han enfocado en el impacto de los animales en la vida y seguridad alimentaria de pequeños productores agropecuarios, la conveniencia de la diversidad pecuaria a nivel familiar ha sido poco estudiada.

La literatura reciente muestra la importancia de los animales en la seguridad alimentaria de los pequeños productores. Por ejemplo, en un estudio basado en los proyectos de Heifer International, en los cuales se distribuyeron animales a 300 hogares en Zambia, se demostró que en 18 meses, el porcentaje de familias que vivían con menos de 1.25 dólares estadounidenses cayó del 78 % al 59 %, mientras que el gasto promedio por persona por día aumentó en 28 centavos de dólar⁶. De manera similar, Alary, Corniaux y Gautier estudiaron en Mali el efecto del ganado en la disminución de la pobreza y encontraron que el hecho de poseer ganado protegía contra la pobreza en la mayoría de los sistemas agrícolas (de secano, mixtos y pastorales), con la excepción de los sistemas irrigados, donde el ganado estaba asociado con costos de alojamiento y alimentación más altos⁷. Estos autores determinaron que el ganado proveía un tipo de seguro monetario contra las carencias de alimentos o los gastos inesperados en el hogar. En otro estudio, en el que se evaluó el impacto de un programa de Heifer International en Ruanda, se reportó que los niños de hogares que poseían ganado tenían mejor estado nutricional⁸. En este caso, la donación de vacas lecheras aumentó el consumo de leche y mejoró el índice de talla para edad en 0.5 desviaciones estándares, mientras que la donación de cabras aumentó el consumo de carne y mejoró los índices de peso para edad y para talla en 0.4 desviaciones estándares en niños menores de 5 años.

5 Charlotte Neumann, Diane M. Harris y Lisa M. Rogers, «Contribution of animal source foods in improving diet quality and function in children in the developing world», *Nutrition Research*, vol. 22, núms. 1-2 (2002): 193-220; R. Sansoucy *et al.*, «Keynote paper: the contribution of livestock to food security and sustainable development», en FAO Corporate Document Repository, acceso el 9 de diciembre de 2015, https://www.researchgate.net/publication/264448802_Keynote_paper_The_contribution_of_livestock_to_food_security_and_sustainable_development

6 Margaret Jodlowski *et al.*, «Milk in the data: food security impacts from a livestock field experiment in Zambia», *World Development*, vol. 77 (2016): 111.

7 Véronique Alary, Christian Corniaux y Denis Gautier, «Livestock's contribution to poverty alleviation: How to measure it?», *World Development*, vol. 39, núm. 9 (2011):1638-1648.

8 Rosemary Rawlins *et al.*, «Got milk? The impact of Heifer International's livestock donation programs in Rwanda on nutritional outcomes», *Food Policy*, núm. 44 (2014): 202-213.

Del lado de la producción agrícola, hay evidencia de que la variedad de cultivos tiene un impacto beneficioso en la diversidad dietética y la seguridad alimentaria de los hogares. La revisión de literatura de DeClerck *et al.* sugiere que intervenciones de nutrición integrales (es decir, las que incorporan más de un tipo de intervención) tienen mucho más impacto que intervenciones aisladas. Este estudio propone que la agrobiodiversidad funcional (diversidad en la función o uso de las especies agrícolas) puede aliviar la anemia, y concluye que las intervenciones que contribuyen a la sostenibilidad ambiental pueden tener impactos directos e indirectos sobre la salud y el bienestar humano⁹. De manera similar, un estudio sobre el consumo de alimentos realizado por Torheim *et al.*, en Mali, en el que se aplicó un cuestionario sobre de consumo de alimentos por 7 días a 502 participantes, demostró que los factores más importantes para explicar la calidad de la dieta de un individuo (medida por un índice de consumo calórico y de 9 nutrientes) incluyen también la diversidad de cultivos¹⁰. Jones, Shrinivas y Bezner-Kerr analizaron una encuesta sobre hogares de productores agrícolas, en Malauí, representativa a nivel nacional¹¹ y encontraron que la diversidad de la producción agropecuaria (medida por el índice de Simpson, entre otros) estaba consistentemente asociada con la diversidad dietética de la familia¹².

Con respecto al impacto del tipo de diversidad pecuaria en la seguridad alimentaria, Megersa *et al.* mostraron que tenía una relación positiva con la seguridad alimentaria de los hogares pastorales en Borana, Etiopía, aunque solamente midieron la diversidad pecuaria con un índice binario (hogares «diversificados» o «no diversificados»)¹³. Otros autores, como Remans *et al.*, se inspiraron en el concepto de la diversidad funcional (diversidad en las funciones de los individuos de un grupo) y crearon una medida de diversidad nutricional funcional. Tomando en cuenta el contenido de 17

9 Fabrice A. J. DeClerck *et al.*, «Ecological approaches to human nutrition», *Food and Nutrition Bulletin*, vol. 32, núm. 1 (2011): S41-S50.

10 L. E. Torheim *et al.*, «Nutrient adequacy and dietary diversity in rural Mali: association and determinants», *European Journal of Clinical Nutrition*, núm. 58 (2004): 594-604.

11 «Malawi Third Integrated Household Study 2010-2011».

12 Andrew Jones, Aditya Shrinivas y Rachel Bezner-Kerr, «Farm production diversity is associated with greater household dietary diversity in Malawi: Findings from nationally representative data», *Food Policy*, núm. 46 (2014): 1-12, <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.02.001>

13 Bekele Megersa *et al.*, «The role of livestock diversification in ensuring household food security under a changing climate in Borana, Ethiopia», *Food Security*, vol. 6, núm. 1 (2013): 15-28.

nutrientes esenciales (proteínas, carbohidratos, fibra dietética, grasa, calcio, hierro, potasio, magnesio, manganeso, zinc, azufre, vitamina A, vitamina C, tiamina, riboflavina, folato y niacina), compararon la diversidad nutricional de 170 producciones agrícolas en 3 regiones de África subsahariana (Mwandama, Sauri y Ruhiira). Según estos investigadores, este nuevo índice estuvo positivamente correlacionado con la diversidad de especies. Adicionalmente, lograron determinar qué especies de plantas mejoraron la diversidad nutricional de los agricultores¹⁴. Más recientemente, Sibhatu, Krishna y Qaim analizaron datos de Indonesia, Kenia, Etiopía y Malaui para determinar la relación entre la diversidad de la producción (índice de Margalef de especies de animales y cultivos) y la diversidad de la dieta (índices de diversidad de alimentos y de dieta) de pequeños productores agrícolas¹⁵. Sin embargo, estos estudios no han analizado de manera directa el impacto de la diversidad pecuaria en la seguridad alimentaria.

Antes de evaluar el impacto de la diversidad en la ganadería, es necesario identificar un índice a través del cual se pueda medir la diversidad, así como una metodología que permita analizar el efecto de dicha diversidad sobre el estado de la seguridad alimentaria del hogar. A pesar de la extensa literatura sobre índices para medir la diversidad, la gran mayoría de estos evalúa la diversidad ecológica o de cultivos; pero no la diversidad pecuaria. Por ejemplo, Smith y Wilson compilaron una lista de catorce índices de igualdad en comunidades ecológicas¹⁶, en la cual incluyen los índices de Shannon y de Simpson, aplicados en los estudios de Nagendra, y de Buchholz *et al.*, los cuales se enfocan en los componentes de riqueza e igualdad de la diversidad, respectivamente¹⁷. Del lado de la diversidad funcional, Laliberté y Legendre, y Villéger, Mason y Mouillot desarrollaron índices de diversidad funcional (dispersión, riqueza, igualdad y divergencia

14 Roseline Remans *et al.*, «Assessing nutritional diversity of cropping systems in African villages», *PLoS One*, vol. 6, núm. 6 (2011): e21235.

15 Kibrom T. Sibhatu, Vijesh V. Krishna y Matin Qaim, «Production diversity and dietary diversity in smallholder farm households», *Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, vol. 112, núm. 34 (2015): 10657-10662.

16 Benjamin Smith y J. Bastow Wilson, «A consumer's guide to evenness indices», *Oikos*, vol. 76, núm. 1 (1996): 70-82.

17 Harini Nagendra, «Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity», *Applied Geography*, núm. 22 (2002): 175-186; Sascha Buchholz *et al.*, «Effects of a major tree invader on urban woodland arthropods», *PLoS One*, vol. 10, núm. 9 (2015): e0137723.

funcionales) para ecosistemas¹⁸. En un caso con más semejanza al tema de la ganadería, Cortés-Marcial y Briones-Salas estudiaron la diversidad de mamíferos medianos y grandes en los bosques del istmo de Tehuantepec, México, usando el índice de diversidad de Shannon¹⁹. No obstante, hay muy poca información sobre el uso de estos índices en el tema agrícola, donde se trata de un bajo número de ejemplares de relativamente pocas especies, comparado con el campo de la ecología donde se desarrollaron estos índices. Además, la mayoría de los índices utilizados en los estudios de diversidad agrícola (pecuaria o de cultivos) mencionados se aplicaron, en la práctica, únicamente a la medición de la diversidad de cultivos, y no se sabe cuáles de estos serían los más apropiados para medir la diversidad pecuaria de pequeños productores agropecuarios.

Tomando en cuenta lo anterior, el presente estudio tiene tres objetivos: 1) analizar y adaptar distintos índices de diversidad ecológica (desarrollados para medir la diversidad de especies en ecosistemas naturales, no agrícolas) en el contexto de la diversidad pecuaria de pequeños productores agropecuarios; 2) determinar si esta diversidad tiene un impacto sobre la seguridad alimentaria de los hogares; y 3) establecer si la diversidad entre o dentro de distintos tipos de animales tiene un impacto en el estado de seguridad alimentaria de hogares de pequeños productores agropecuarios.

1. Metodología

Para analizar la asociación entre la diversidad pecuaria y la seguridad alimentaria de pequeños productores agropecuarios, se propuso la siguiente metodología, la cual se aplicó a una muestra de Guatemala:

- i. Recopilación de datos a nivel de hogar por medio de encuestas agropecuarias, de gasto en alimentos y de seguridad alimentaria del hogar.
- ii. Cálculo de índices de diversidad.

18 Etienne Laliberté y Pierre Legendre, «A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits», *Ecology*, vol. 91, núm. 1 (2010): 299-305; Sébastien Villéger, Norman W. H. Mason y David Mouillot, «New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology», *Ecology*, vol. 89, núm. 8 (2008): 2290-2301.

19 Malinalli Cortés-Marcial y Miguel Briones-Salas, «Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México», *Revista de Biología Tropical*, vol. 62, núm. 4 (2014): 1433-1448.

- iii. Eliminación de índices altamente correlacionados con otros índices.
- iv. Análisis de regresión entre la seguridad alimentaria del hogar y los índices seleccionados.
- v. Elección del índice con mejor rendimiento en los análisis.
- vi. Estudio de los conglomerados de diferentes tipos de animales, según sus características funcionales.
- vii. Análisis de la asociación entre la diversidad dentro de cada grupo, entre distintos grupos, y de la fracción de animales presentes en cada grupo y la seguridad alimentaria del hogar.

Se eligió a Guatemala por la disponibilidad preexistente de datos sobre seguridad alimentaria familiar (de encuestas nacionales) vinculados con la información agropecuaria necesaria para este estudio. Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico R, con el paquete *ordinal*²⁰. Los códigos utilizados se pueden encontrar con licencia abierta en: <https://github.com/julienmalard/Diversidad-animal>.

1.1 Encuestas

Se utilizaron los datos de la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (Encovi), 2011, de Guatemala. Con la ayuda de expertos locales, se definió a un pequeño productor como aquel que cuenta con 1 a 20 animales de ganadería de cualquier especie, y la base de datos se limitó a aquellos que corresponden a esta categoría (lo cual rindió 2577 encuestas, de un total de 13 482 que cumplieron con el criterio de pequeño productor y que contaron con datos completos sobre seguridad alimentaria). Se definieron como animales de ganadería a aquellos de uso para el trabajo agrícola o para consumo, y que pertenecen a la familia.

20 «A language and environment for statistical computing», R Foundation for Statistical Computing, <https://www.R-project.org/>; Rune Haubo B. Christensen, «Ordinal-regression models for ordinal data. R package version 2015.6-28», <http://www.cran.r-project.org>

La inseguridad alimentaria fue medida a través de la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (Elcsa)²¹. Esta escala mide la seguridad alimentaria a nivel del hogar según una gradación ordinal (seguridad alimentaria, inseguridad ligera, inseguridad moderada, inseguridad severa) calculada con base en la suma de las respuestas afirmativas a una serie de preguntas sobre la falta de acceso a los alimentos. Al contrario de la desnutrición crónica infantil, la Elcsa refleja las experiencias de todos los integrantes del hogar y no confunde los impactos de falta de acceso a alimentos con otros factores (tal como enfermedades) que pueden tener incidencia en la altura de los niños.

La cantidad de animales de distintos tipos por familia se estimó a través de la pregunta: «En los últimos 12 meses, ¿usted crió alguno de estos animales [grupo de animales de interés] en terrenos de la familia, patio, lote de la casa u otras tierras?». Los animales de interés eran grupos de animales de ganadería tales como bovinos, pollos, cabras y otros²². En caso afirmativo, se registró la cantidad de animales que la familia poseía al momento de la encuesta, así como el precio de venta estimado por el encuestado.

1.2 Índices de diversidad

La diversidad puede ser evaluada de distintas maneras. Los índices de riqueza representan la cantidad de especies en un grupo de organismos, sin tener en cuenta la igualdad o abundancia relativa de cada especie. Por otro lado, los índices de igualdad miden únicamente la igualdad de la distribución de individuos entre varias especies y no el número de especies distintas. La tercera categoría, llamada índices de diversidad, toma en cuenta el número de especies y la igualdad de la distribución de individuos entre las especies. Nótese que el término «índice de diversidad» es utilizado frecuentemente en referencia a cualquiera de los tres índices. Para este estudio comparamos cinco índices de la literatura ecológica, incluyendo

21 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), *Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (Elcsa): Manual de uso y aplicación* (Roma: FAO, 2012), 25-28, <http://www.fao.org/3/a-i3065s.pdf>

22 Instituto Nacional de Estadística (INE), *Encuesta Nacional de Condiciones de Vida* (Guatemala: INE, 2011).

índices de riqueza (Margalef), de igualdad (Gini), de Buzas-Gibson, y de diversidad (Shannon y Simpson)²³ (cuadro 1).

Cuadro 1. Ecuaciones para índices de diversidad, igualdad y riqueza

Tipo	Nombre	Ecuación	Comentarios
Riqueza	Margalef	$\frac{S - 1}{\ln N}$	
Igualdad	Gini	$1 - \frac{2}{S} \sum_{i=1}^S \left(\frac{i}{S} - \sum_{j=1}^i p_j \right)$	Las especies en p deben estar en orden creciente de número de individuos.
	Buzas-Gibson	$e^{Shannon}_S$	Shannon se refiere al índice de Shannon.
Diversidad	Simpson	$\sum_{i=1}^S \frac{1}{p_i^2}$	
	Shannon	$\sum_{i=1}^S -p_i * \ln(p_i)$	

Nota: en todas las ecuaciones, p_i es la fracción de los individuos totales que pertenecen a la especie i ; n_i el número de individuos de cada especie i ; N el número total de individuos, y S el número total de especies presentes.

Fuente: elaboración propia, 2018.

Estos índices fueron desarrollados para aplicaciones ecológicas, donde no se puede decir con certeza que una especie sea más importante que otra, y por eso todas las especies tienen la misma importancia relativa en su cálculo. No existen índices para la medición de la diversidad pecuaria en el

23 Ramón Margalef, «Information theory in ecology», *International Journal of General Systems*, núm. 3 (1958): 36-71; Philip M. Dixon *et al.*, «Erratum to “Bootstrapping the Gini Coefficient of Inequality”», *Ecology*, núm. 69 (1988): 1307; Martin A. Buzas y Thomas G. Gibson, «Species Diversity: Benthonic Foraminifera in Western North Atlantic», *Science*, vol. 163, núm. 3862 (1969): 72-75, DOI:10.1126/science.163.3862.72; Claude Elwood Shannon, «A mathematical theory of communication», *The Bell System Technical Journal*, vol. 27 (1948): 379-423; 623-656; E. H. Simpson, «Measurement of Diversity», *Nature*, vol. 163, núm. 688 (1949), DOI:10.1038/163688a0.

contexto de pequeños productores agrícolas. No obstante, en el caso de la diversidad pecuaria, hay diferencias cuantificables y significativas entre las distintas especies desde el punto de vista agronómico, como el tamaño o el valor del animal. Por ejemplo, en un hogar con una cabra y una oveja, la distribución del valor de los animales entre las especies presentes es más parecida; en comparación con otro hogar con un caballo y un pollo. En el caso de la pérdida de uno de los animales, se esperaría que el primer hogar estuviera expuesto a menor riesgo de pérdida de valor monetario. El hecho de que varios tipos de animales tengan valores nutricionales, monetarios, de labor o de combinaciones de estos sugiere que, desde un marco teórico, podría ser importante no considerar cada animal como igual, sino tomar en cuenta la distribución de la biomasa o el valor monetario entre los animales del hogar. En el último caso, también se agrega la posibilidad de diferencias importantes en los valores monetarios del mismo tipo de animal entre varias regiones del país.

Por ello, para adaptar los índices del presente estudio, se introdujeron tres variaciones de los mismos:

- i. Donde p_i , en lugar de representar la fracción de los individuos totales que pertenecen a la especie i , es la fracción del valor monetario total de los animales del hogar, representada por la especie i (calculada con base en el valor de cada animal y al valor promedio de cada tipo de animal en el departamento).
- ii. Igual al anterior, pero calculado con base en el valor promedio nacional de cada tipo de animal.
- iii. Donde p_i representa la fracción de las unidades ganaderas tropicales (UGT) del hogar, representadas por cada especie i (cuadro 2).

Dado que estas modificaciones no se pueden aplicar a índices que solamente toman en cuenta la cantidad de especies (como el de Margalef), únicamente fueron aplicadas en el caso de los índices de igualdad y de diversidad. El resultado fue un total de diecisiete índices para evaluar, es decir, los cinco índices originales más cuatro de ellos con tres modificaciones cada uno.

Cuadro 2. Categorías de animales y sus características en unidades ganaderas tropicales (UGT)

Categoría	UGT	Trabajo
Vacas, toros, terneros	1.00	0.333
Cerdos	0.333	0
Ovejas, peligüeyes	0.333	0
Cabras	0.333	0
Gallinas, pollos	0.0667	0
Pavos (chompipes)	0.0667	0
Patos	0.0667	0
Caballos, burros, mulas	1.50	1
Colmenas	0.20	0
Peces, camarones	0.0667	0

Fuente: elaboración propia, 2018.

1.3 Análisis de similitud

Se calcularon regresiones entre distintos índices y sus modificaciones para identificar los que contienen esencialmente la misma información. En vista de que algunos índices tienen relaciones no lineales con otros índices, se calculó el coeficiente de determinación (r^2 cuadrado) de la mejor regresión entre modelos lineales y cuadráticos, según las fórmulas siguientes:

Modelo lineal: $I_1 = a * I_2 + b$

Modelo cuadrático: $I_1 = a * I_2^2 + b$

Coeficiente de determinación: $r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$

Donde I_1 e I_2 son los dos índices para comparar, a y b son los coeficientes de los modelos, n es el número de observaciones de cada índice, y_i es la observación i del índice I_1 , \hat{y}_i es la predicción correspondiente para y_i según el modelo de regresión, \bar{y} es el promedio de I_1 .

Se observaron los gráficos de los residuos de las regresiones para asegurar que los modelos lineales y cuadráticos captaran la relación predominante entre los índices. Aquellos índices con un coeficiente de determinación igual o mayor a 0.90 fueron considerados como duplicados, por lo que uno de ellos fue eliminado con base a sus características y su uso en la literatura. Entre los índices de igualdad, se priorizó el índice de Gini, por ser muy conocido en la medición de la igualdad. Entre los índices de diversidad, se prefirió el de Shannon, porque el de Simpson puede dar importancia muy alta a especies poco comunes, algo que podría ser inapropiado en el contexto del ganado de pequeños productores. Los coeficientes de determinación entre distintas clases de índices (riqueza, igualdad y diversidad) siempre fueron menores a 0.90, por lo que no fue necesario determinar prioridades entre las distintas clases de índices.

En el caso de altos coeficientes de determinación entre modificaciones del mismo índice, se mantuvieron estas según su facilidad de cálculo y de obtención de los datos necesarios para el mismo. Finalmente, se decidió mantener uno de los duplicados en el siguiente orden de prioridad: se prefirieron los índices sin modificaciones, seguido de las modificaciones según unidades ganaderas, valor promedio nacional, valor departamental y, finalmente, valor individual del animal.

1.4 Modelos estadísticos

En vista de que la inseguridad alimentaria se mide como una variable discreta ordinal a través de la Elcsa, se utilizó un modelo de «enlaces acumulativos» en el cual la transformación de la probabilidad de que un individuo se encuentre en una categoría de inseguridad alimentaria tiene una relación lineal con las variables independientes:

$$\log \left(\frac{P(Y \leq j|x)}{1 - P(Y \leq j|x)} \right) = \alpha_j + \beta * x$$

o

$$\text{Logit} [P(Y \leq j|x)] = \alpha_j + \beta * x$$

Donde Y es la variable dependiente, x es el vector de variables independientes, j es una categoría de la variable Y , α_j es una constante y β es el vector de coeficientes de x . Este modelo tiene la propiedad de que:

$$\lim_{p \rightarrow 0}(\text{logit}(p)) = -\infty \text{ y } \lim_{p \rightarrow 1}(\text{logit}(p)) = \infty$$

Lo anterior, permite el uso de un modelo lineal con las variables independientes. Por esta transformación se hace posible relacionar probabilidades, con un intervalo (0.1), en un modelo lineal, lo cual puede generar valores en el intervalo $(-\infty, \infty)$. Se utilizó el siguiente modelo general para analizar cada uno de los índices elegidos.

$$\text{Seguridad alimentaria} \sim \text{Ingresos} * \text{UGT} * \text{Índice de diversidad}$$

Las definiciones de las variables se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Definiciones de las variables

Abreviación	Descripción
UGT	Logaritmo de la suma del valor en unidades ganaderas tropicales de cada animal en el hogar.
Ingresos	$\ln(\text{Ingresos} + 1)$, donde <i>Ingresos</i> es el ingreso mensual per cápita del hogar.

Fuente: elaboración propia, 2018.

Las interacciones no significativas fueron excluidas del modelo y el análisis fue repetido. Para calcular el logaritmo natural del ingreso, se añadió un algoritmo a cada ingreso, debido a la alta prevalencia de hogares que reportaron cero ingresos.

Todos los índices que pasaron las pruebas de similitud se emplearon en los modelos estadísticos de seguridad alimentaria y, entre los índices que mostraron resultados lógicos y similares, se escogió el más sencillo y que requería menos datos para calcular, lo cual facilitará su adopción en otros estudios.

1.5 Agrupamiento de animales

Se hizo un análisis de conglomerados de animales según sus características funcionales, empleando un algoritmo jerárquico. Las características funcionales utilizadas fueron: 1) el porcentaje de animales de una especie vendidos el año previo a la encuesta (índice de uso del animal como seguro monetario); 2) si el tipo de animal permite ventas de productos de origen animal que involucran su sacrificio; 3) si el tipo de animal permite ventas de productos de producción continua (leche o huevos); 4) la capacidad de trabajo del animal; 5) el sexo del animal (representando su potencial de reproducción); y 6) las UGT del animal (véase el cuadro 2). Según estos criterios, los animales se dividieron en cuatro grupos funcionales, empleando un algoritmo de agrupamiento jerárquico con enlaces completos.

1.6 Análisis de la diversidad funcional

Se analizó la relación entre la diversidad funcional y la seguridad alimentaria, según el siguiente modelo:

Seguridad alimentaria

$$\begin{aligned} &= \ln(\text{Ingreso per cápita}) * \ln(\text{Unidades ganaderas del hogar}) \\ &* \text{Índice de diversidad} + \text{Diversidad intergrupo} \\ &+ \text{Fracción de animales en cada grupo funcional} \\ &+ \text{Diversidad intragrupo de cada grupo funcional} \end{aligned}$$

En los casos necesarios, las interacciones no significativas fueron excluidas y el análisis fue repetido.

2. Resultados

2.1 Análisis de regresión

Un resumen de las características de la población de interés se puede ver en el cuadro 4. Se trata de una población con altos niveles de inseguridad alimentaria (alrededor del 80 %) y, mientras que el ingreso per cápita y las unidades ganaderas parecen tener relación positiva con la seguridad

alimentaria, no aparecen diferencias evidentes entre distintos grupos de seguridad alimentaria con respecto al número de animales o a la diversidad pecuaria promedio.

Cuadro 4. Resumen de las características de la población de interés, divididas en promedios, por categoría de seguridad alimentaria

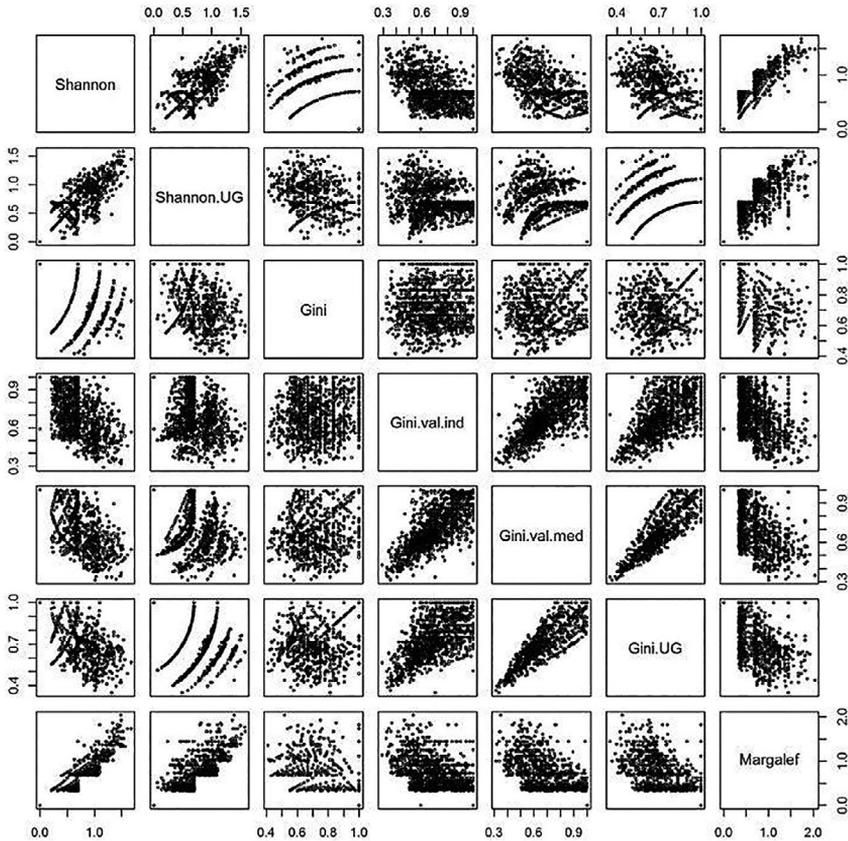
SA*	Número de hogares	% de hogares	Personas por hogar	Ingreso per cápita (Q/mes)	Número de animales	Unidades ganaderas tropicales	Diversidad pecuaria (Shannon)
0	262	10.2	5.1	680	8.63	2.12	0.33
1	1009	39.2	5.7	394	8.80	1.71	0.38
2	897	34.8	6.3	300	8.97	1.41	0.34
3	408	15.8	6.0	277	8.70	1.09	0.28

* SA = Seguridad alimentaria según la Elcsa (0 = seguridad alimentaria, 1 = inseguridad ligera, 2 = inseguridad moderada, 3 = inseguridad severa).

Fuente: elaboración propia, 2018.

En este estudio, los índices de Gini y de Buzas-Gibson (y sus modificaciones respectivas) estuvieron, en general, altamente correlacionados, al igual que los de Shannon y de Simpson, y sus modificaciones respectivas; lo cual indica que estos pares de índices contienen básicamente la misma información. De esta manera, para el análisis de regresión se conservaron los índices de Shannon (original y por UGT), de Gini (original, por valor individual y valor promedio de los animales, y por UGT), y de Margalef. La figura 1 muestra las relaciones entre los índices escogidos.

Figura 1. Relaciones entre los índices de diversidad pecuaria escogidos tras el análisis de regresión lineal



Nota: las bajas correlaciones (alta dispersión en los gráficos) indican que cada índice contiene información distinta a la de los demás.

Fuente: elaboración propia (2018), con base en los datos de la Encovi 2011, INE, *Encuesta Nacional de Condiciones de Vida* (Guatemala: INE, 2011).

2.2 Modelos estadísticos

El índice de Shannon y sus modificaciones, así como el índice de Margalef, mostraron una asociación positiva con la seguridad alimentaria, mientras que el índice de Gini y sus modificaciones mostraron una asociación negativa (cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados del modelo de regresión logística de seguridad alimentaria

Variable	Shannon		Margalef	Gini		
	Original	Val UG		Original	Val ind	Val prom
UGT	-0.317***	-0.216***	-0.261***	1.763***	2.000***	2.118***
Diversidad	-1.485***	-0.988***	-0.735***	2.405***	2.776***	2.187***
Ingresos	-0.384***	-0.397***	-0.379***	0.190***	0.256***	0.215***
Ingresos*UGT	0.0156***		-0.602***	-0.451***	-0.507***	-0.545***
Diversidad *Ingresos	0.324***	0.200***	0.128***	-0.538***	-0.608***	-0.548***
UGT*Diversidad	0.967***	-0.168***	-0.092***	-2.157***	-2.382***	-2.577***
Diversidad* Ingresos*UGT	-0.223***		0.625***	0.478***	0.535***	0.582***
CIA	1343997	1345505	1255216	1343668	1344723	1344339
LPN	671989	672745	627600	671824	672352	672160

Nota: «Diversidad» se refiere al índice de diversidad en el encabezado de la columna. En vista de que en la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (Elcsa) los números más altos representan mayor inseguridad alimentaria, un coeficiente negativo indica un efecto protector contra la inseguridad alimentaria. CIA=criterio de información de Akaike, LPN=logaritmo de probabilidad negativo. *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05. Ver el cuadro 3 para las descripciones de las variables.

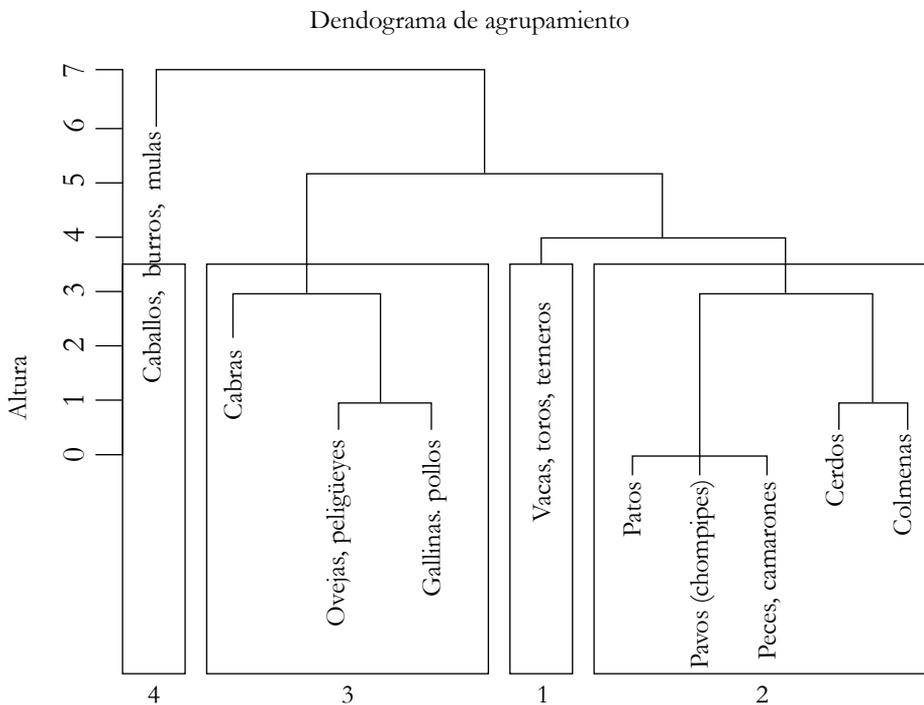
Fuente: elaboración propia, 2018.

Finalmente, el índice de Shannon sin modificaciones fue seleccionado como el índice más sencillo, fiable y apropiado para medir la diversidad pecuaria en el contexto de pequeños productores en Guatemala, dada su facilidad de cálculo y la claridad de los resultados de la evaluación de su asociación con la seguridad alimentaria. Siendo un índice de diversidad, el de Shannon da un valor en una escala continua empezando en cero, en donde valores superiores indican mayor diversidad (incluso número de especies e igualdad de la distribución de individuos entre especies).

2.3 Agrupamiento de animales

Según el algoritmo jerárquico (figura 2), los animales pecuarios de Guatemala se dividieron en cuatro grupos funcionales: 1) bovinos; 2) animales de tamaño mediano a pequeño, generalmente consumidos; 3) animales hembras de tamaño mediano, que producen subproductos (como leche y huevos); y 4) animales de trabajo (no de consumo).

Figura 2. Agrupamiento de tipos de animales



Fuente: elaboración propia, 2018, con base en los datos de la Encovi 2011, INE, *Encuesta Nacional de Condiciones de Vida* (Guatemala: INE, 2011).

2.4 Análisis de la diversidad funcional

En el análisis de asociaciones entre diversidad pecuaria y seguridad alimentaria (cuadro 6), la fracción en cada grupo, y la diversidad entre distintos grupos y dentro de cada grupo de animales estuvieron significativamente asociadas (a veces de manera positiva y a veces negativa) con la seguridad alimentaria.

La fracción de animales en el grupo funcional de bovinos tuvo un efecto protector contra la inseguridad alimentaria, en comparación con la fracción de otros grupos funcionales. Además, la diversidad dentro de los grupos dos y tres (los únicos grupos para los que se pudo calcular la diversidad intergrupala), así como la diversidad entre varios grupos de animales, estuvieron asociadas con mayor seguridad alimentaria.

Cuadro 6. Análisis de regresión logística de la relación entre la diversidad funcional y la seguridad alimentaria

Variable	Estimado
UGT	-0.298***
Ingresos	-0.351***
Índice de Shannon	-0.257***
Fracción en grupo 1	-0.663***
Fracción en grupo 2	0.489***
Fracción en grupo 3	0.851***
Diversidad Shannon grupo 2	-0.967***
Diversidad Shannon grupo 3	-1.596***
Diversidad Shannon intergrupos	-1.814***
Ingresos: UGT	0.062***
Ingresos: Índice de Shannon	0.294***
UGT: Índice de Shannon	0.935***
Índice de Shannon: Diversidad intergrupos	1.034***
Ingresos: UGT: Índice Shannon	-0.259***

Nota: los valores negativos indican un efecto protector contra la inseguridad alimentaria. *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$. Ver el cuadro 3 para las descripciones de las variables.

Fuente: elaboración propia, 2018.

3. Discusión

Para evaluar la relación entre la diversidad pecuaria y la seguridad alimentaria de hogares de pequeños productores en Guatemala, esta investigación tenía como objetivos: 1) identificar el índice de diversidad más apropiado para este contexto; 2) determinar si esta diversidad tiene relación con la seguridad alimentaria de los hogares; y 3) establecer si, además de la diversidad pecuaria, la diversidad entre o dentro de distintos tipos de animales también tiene relación con la seguridad alimentaria de hogares de pequeños productores agropecuarios.

En vista de que la base de datos para los análisis se limitó a hogares de agricultores guatemaltecos con uno a veinte animales, es importante resaltar que las conclusiones de esta investigación se limitan a esta población en particular. Dichos resultados muestran que, en la población de interés, la diversidad pecuaria –medida por el índice de diversidad de Shannon– tiene relación positiva y estadísticamente significativa con el estado de seguridad alimentaria de los hogares que respondieron a esta encuesta, tomando en consideración el ingreso familiar per cápita y el número de animales que posee el hogar (en UGT).

El índice de Gini y sus modificaciones mostraron resultados inconsistentes con los de las otras medidas de diversidad pecuaria. Esto podría deberse a que el índice de Gini es un índice de igualdad que no toma en cuenta el número de especies, sino solamente la igualdad de la distribución entre especies existentes. Por esto, las familias con un solo tipo de animal tienen un índice de Gini muy alto ($Gini = 1$), al igual que aquellos hogares con diversidad repartida equitativamente entre muchos tipos de animales. Mientras tanto, los hogares con niveles de diversificación intermedia tienen un índice muy bajo. Esto podría explicar la fuerte interacción encontrada entre el índice de Gini y las unidades ganaderas totales en su asociación con la seguridad alimentaria del hogar, y apoyaría la decisión de usar el índice de Shannon como el que tiene menor ambigüedad para medir la diversidad pecuaria. Por lo tanto, no se recomendaría aplicar el índice de Gini u otros índices de igualdad a estudios similares en otras regiones del mundo, y se recomienda emplear el de Shannon para medir la diversidad pecuaria de pequeños productores agrícolas en estudios futuros.

Los resultados sugieren que la diversidad pecuaria, tanto entre como dentro de los grupos, tiene un papel importante en la prevención de la inseguridad alimentaria. Esta relación sugiere que, por la misma cantidad de animales, hogares con mayor diversidad entre estos animales quedan menos vulnerables a la inseguridad alimentaria. También se observó que la fracción de animales del grupo de animales grandes (p. ej., vacas y caballos), en comparación a la fracción de animales en otros grupos funcionales, tuvo una asociación positiva con la seguridad alimentaria. Es probable que dichos hogares dispongan de más capital (ya sea en la forma de estos animales o de otros bienes materiales) y, por lo tanto, se vean menos vulnerables a los choques y presiones económicas que llevan a la inseguridad alimentaria. Asimismo, podrían ser una indicación de que, aunque la diversidad entre los grupos funcionales parece ser importante, los distintos animales del mismo grupo funcional no tienen papeles redundantes en la producción pecuaria del hogar. Además, la importancia de la diversidad intergrupo hace pensar que los diferentes papeles jugados por los grupos de animales (p. ej., producción de carne y de subproductos, capacidad de trabajo y valor monetario) tienen una manera distinta y complementaria de incidir en la seguridad alimentaria. Una mayor investigación sobre los mecanismos potenciales, como la resistencia a los choques económicos o a las enfermedades pecuarias, sería necesaria para confirmar estas relaciones observadas entre distintos tipos de diversidad pecuaria y seguridad alimentaria.

Los resultados de este estudio están de acuerdo con los propuestos por Jones, Shrinivas y Bezner-Kerr, quienes reportaron una asociación positiva entre la variedad de la dieta y la diversidad agrícola del hogar (medida por un índice combinado de diversidad pecuaria y de cultivos), lo cual sugiere que un sistema de producción diferenciado puede contribuir a un mejor consumo de nutrientes²⁴. Sin embargo, el asunto es complejo y puede ser influenciado por el género del jefe del hogar, la riqueza, el control sobre las decisiones y la orientación comercial de la producción agrícola del hogar, además del tipo preciso de diversidad agrícola. Estos resultados también reflejan las conclusiones de Sibhatu, Krishna y Qaim²⁵, quienes encontraron

24 Jones, Shrinivas y Bezner-Kerr, «Farm production diversity».

25 Sibhatu, Krishna y Qaim, «Production diversity and dietary diversity».

que, en situaciones de baja diversidad agrícola, los aumentos en la variedad de los sistemas agrícolas pueden ser beneficiosos para la dieta de los productores. No obstante, en situaciones de diversidades productivas más altas, la diversidad agrícola y dietética muestran una relación negativa, lo cual sugiere que un exceso en la diversificación de la producción agrícola puede llevar a bajos ingresos y menor acceso a una dieta variada (aunque ese fenómeno no se encontró en el presente estudio). En estos casos, los autores recomiendan otras soluciones, como el mejoramiento en la conexión de los productores con el mercado, el empleo fuera del hogar, mejores infraestructuras y el establecimiento de políticas para proteger a los agricultores de los costos de transacción y de distorsión de precios.

En el caso de Guatemala, en particular en la región del altiplano occidental, hay poco acceso a comida local diversa, incluso productos de proveniencia animal que contienen más altos niveles de nutrientes. En un estudio particular, la única carne consumida por la mayoría de los niños en las familias encuestadas consistía en carne procesada; aunque los huevos estaban más presentes en las dietas²⁶. En este contexto, es probable que familias con más diversidad de animales propios tengan mejores oportunidades de consumir una variedad de productos animales, aunque es necesario realizar más investigación en este tema para confirmar la hipótesis. Adicionalmente, un estudio participativo resaltó que en algunas regiones de Guatemala, las gallinas y los patos representan la mayor parte de la producción pecuaria a escala local, y que algunas familias más afortunadas también tienen animales más grandes, como cerdos²⁷. No obstante, para algunas familias la meta principal de las actividades pecuarias es la producción para la venta y no el autoconsumo. Los beneficios de la diversidad pecuaria en este caso, se deberían entonces atribuir a otros factores, incluyendo una mejor seguridad en contra de las fluctuaciones de precios o de potenciales enfermedades pecuarias.

26 Food and Nutrition Technical Assistance (Fanta), *Resumen técnico: Reducción de la desnutrición crónica en el Altiplano Occidental de Guatemala. Promoción del consumo de alimentos de origen animal para optimizar las dietas de las mujeres y los niños pequeños* (Washington: FHI 360/Fanta, 2015).

27 Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar (Iarna-URL), *Análisis sistémico y territorial de la seguridad alimentaria y nutricional en Guatemala: consideraciones para mejorar prácticas y políticas públicas* (Guatemala: URL-Iarna, 2015).

Además, es importante brindar atención al tipo de animales que sí pueden mejorar la situación de seguridad alimentaria de los beneficiarios de las intervenciones sin causar aumentos excesivos en la demanda para la capacidad de manejo del hogar u otros recursos. Asimismo, dado los resultados de este primer análisis puramente estadístico, serían útiles estudios adicionales sobre metodologías eficaces y participativas para involucrar a las comunidades beneficiarias en la identificación de intervenciones pecuarias adecuadas y sensibles al lugar en que se llevan a cabo. Dada la evidencia de estudios anteriores que mostraron que en Haití los hogares con inseguridad alimentaria más severa consumen menos alimentos de origen animal²⁸, estos resultados subrayan la importancia de llevar a cabo más investigaciones en la promoción de la producción pecuaria entre pequeños productores. En particular, estudios más detallados podrían clarificar el papel de la diversidad pecuaria en la seguridad alimentaria de pequeños productores agrícolas en distintos contextos, tanto en situaciones de producción para el mercado como para el autoconsumo.

Conclusiones

Aunque las actividades pecuarias representan un componente de la producción agropecuaria de muchos hogares que se dedican a la agricultura a pequeña escala en Guatemala y en el mundo, el papel que juega la diversidad pecuaria de estos hogares en su estado de seguridad alimentaria queda mal definido. En el presente estudio, identificamos el índice de diversidad ecológica de Shannon como el más apropiado para la medición de la diversidad pecuaria de pequeños productores agropecuarios. También se identificó una relación positiva entre la diversidad pecuaria del hogar y su estado de seguridad alimentaria. Esta relación se demostró, no solamente con la diversidad pecuaria total del hogar, sino también con la diversidad adentro de y entre varios grupos funcionales de animales.

28 Kate Sinclair *et al.*, «Food security and livestock production amongst Haitian smallholder farmers», *EASEB Journal*, vol. 28, núm. 1 (2014): 805.7; Jasmine Parent *et al.*, «Food security status and dietary intake among small farming families in Haiti», *EASEB Journal*, vol. 28, núm. 1 (2014): 805.6.

Este estudio es el primero en proponer una metodología estándar para evaluar índices de diversidad pecuaria y analizar la relación entre esta diversidad y el estado de seguridad alimentaria del hogar. Aunque el índice de Shannon se demarcó como el mejor índice en este caso, quedan abiertas muchas preguntas acerca del papel de los distintos tipos de animales y sus maneras de contribuir a la seguridad alimentaria del hogar. Las diferencias socioeconómicas y culturales entre varios países subrayan la importancia de repetir este tipo de análisis en más países antes de extrapolar los resultados a la región latinoamericana y caribeña, o a otras regiones del mundo.

Bibliografía

- «A language and environment for statistical computing». R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Alary, Véronique, Christian Corniaux y Denis Gautier. «Livestock's contribution to poverty alleviation: How to measure it?». *World Development*, vol. 39, núm. 9 (2011): 1638-1648.
- Buchholz, Sascha, Hedwig Tietze, Ingo Kowarik y Jens Schimel. «Effects of a major tree invader on urban woodland arthropods». *PLoS One*, vol. 10, núm. 9 (2015): e0137723.
- Buzas Martin A. y Thomas G. Gibson. «Species Diversity: Benthonic Foraminifera in Western North Atlantic». *Science*, vol. 163, núm. 3862 (1969): 72-75. DOI:10.1126/science.163.3862.72.
- Christensen, Rune Haubo B. «Ordinal-regression models for ordinal data. R package version 2015.6-28». <http://www.cran.r-project.org>
- Cortés-Marcial, Malinalli y Miguel Briones-Salas. «Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México». *Revista de Biología Tropical*, vol. 62, núm. 4 (2014): 1433-1448.
- DeClerck, Fabrice A. J., Jessica Fanzo, Cheryl Palm y Roseline Remans. «Ecological approaches to human nutrition». *Food and Nutrition Bulletin*, vol. 32, núm. 1 (2011): S41- S50.
- Dixon, Philip M., Jacob Weiner, Thomas Mitchell-Olds y Robert Woodley. «Erratum to "Bootstrapping the Gini Coefficient of Inequality"». *Ecology*, núm. 69 (1988): 1307.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *FAO Statistical Pocketbook 2015: World food and agriculture*. Roma: FAO, 2015. <http://www.fao.org/3/a-i4691e.pdf>
- . Prefacio a *FAO Statistical Yearbook 2013: World food and agriculture*. Roma: FAO, 2013. <http://www.fao.org/3/i3107e/i3107e00.pdf>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Fund for Agricultural Development (IFAD) y World Food Programme (WFP). *The State of Food Insecurity in the World. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress*. Roma: FAO/IFAD/WFP, 2015.
- Food and Nutrition Technical Assistance (Fanta). *Resumen técnico: Reducción de la desnutrición crónica en el Altiplano Occidental de Guatemala. Promoción del consumo de alimentos de origen animal para optimizar las dietas de las mujeres y los niños pequeños*. Washington: FHI 360/Fanta, 2015.
- Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar (Iarna-URL). *Análisis sistémico y territorial de la seguridad alimentaria y nutricional en Guatemala: consideraciones para mejorar prácticas y políticas públicas*. Guatemala: URL-Iarna, 2015.
- Instituto Nacional de Estadística (INE). *Encuesta Nacional de Condiciones de Vida*. Guatemala: INE, 2011.
- Jodlowski, Margaret, Alex Winter-Nelson, Kathy Baylis y Peter Goldsmith. «Milk in the data: food security impacts from a livestock field experiment in Zambia». *World Development*, vol. 77 (2016): 99-114.
- Jones, Andrew, Aditya Shrinivas y Rachel Bezner-Kerr. «Farm production diversity is associated with greater household dietary diversity in Malawi: Findings from nationally representative data». *Food Policy*, núm. 46 (2014): 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.02.001>
- Laliberté, Etienne y Pierre Legendre. «A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits». *Ecology*, vol. 91, núm. 1 (2010): 299-305.
- Margalef, Ramón. «Information theory in ecology». *International Journal of General Systems*, núm. 3 (1958): 36-71.
- Megersa, Bekele, André Markemann, Ayana Angassa y Anne Valle Zárate. «The role of livestock diversification in ensuring household food security under a changing climate in Borana, Ethiopia». *Food Security*, vol. 6, núm. 1 (2013): 15-28.
- Nagendra, Harini. «Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity». *Applied Geography*, núm. 22 (2002): 175-186.
- Neumann, Charlotte, Diane M. Harris y Lisa M. Rogers. «Contribution of animal source foods in improving diet quality and function in children in the developing worlds». *Nutrition Research*, vol. 22, núms. 1-2 (2002): 193-220.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). *Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (Elcsa): Manual de uso y aplicación*. Roma: FAO, 2012. <http://www.fao.org/3/a-i3065s.pdf>
- Parent, Jasmine, Diana Dallmann, Kate Sinclair, Miguel García y Hugo Melgar-Quiñonez. «Food security status and dietary intake among small farming families in Haiti». *EASEB Journal*, vol. 28, núm. 1 (2014): 805.6.
- Rawlins, Rosemary, Svetlana Pimkina, Christopher B. Barrett, Sarah Pedersen y Bruce Wydick. «Got milk? The impact of Heifer International's livestock donation programs in Rwanda on nutritional outcomes». *Food Policy*, núm. 44 (2014): 202-213.

- «Regional aggregation using 2011 PPP and \$1.9/day poverty line». PovcalNet, The World Bank, acceso el 5 de febrero de 2018. <http://iresearch.worldbank.org/PovcalNet/index.htm?1>
- Remans, Roseline, Dan F. B. Flynn, Fabrice DeClerck, Willy Diru, Jessica Fanzo, Kaitlyn Gaynor, Isabel Lambrecht, Joseph Mudiope, Patrick K Mutuo, Phelire Nkhoma, David Siriri, Clare Sullivan y Cheryl A. Palm. «Assessing nutritional diversity of cropping systems in African villages». *PLoS One*, vol. 6, núm. 6 (2011): e21235.
- Sansoucy, R. Mohammad A. Jabbar, Simeon Ehui y H. Fitzhugh. «Keynote paper: the contribution of livestock to food security and sustainable development». En FAO Corporate Document Repository, acceso el 9 de diciembre de 2015. https://www.researchgate.net/publication/264448802_Keynote_paper_The_contribution_of_livestock_to_food_security_and_sustainable_development
- Shannon, Claude Elwood. «A mathematical theory of communication». *The Bell System Technical Journal*, vol. 27 (1948): 379-423, 623-656.
- Sibhatu, Kibrom T., Vijesh V. Krishna y Matin Qaim. «Production diversity and dietary diversity in smallholder farm households». *Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, vol. 112, núm. 34 (2015): 10657-10662.
- Simpson, E. H. «Measurement of Diversity». *Nature*, vol. 163, núm. 688 (1949). DOI:10.1038/163688a0.
- Sinclair, Kate, Diana Dallman, Jasmine A. Parent, Miguel García y Hugo Melgar-Quíñonez. «Food security and livestock production amongst Haitian smallholder farmers». *EASEB Journal*, vol. 28, núm. 1 (2014): 805.7.
- Smith, Benjamin y J. Bastow Wilson. «A consumer's guide to evenness indices». *Oikos*, vol. 76, núm. 1 (1996): 70-82.
- Torheim L. E., F. Ouattara, M. M. Diarra, F. D. Thiam, I. Barikmo, A. Hatloy y A. Oshaug. «Nutrient adequacy and dietary diversity in rural Mali: association and determinants». *European Journal of Clinical Nutrition*, núm. 58 (2004): 594-604.
- Villéger, Sébastien, Norman W. H. Mason y David Mouillot. «New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology». *Ecology*, vol. 89, núm. 8 (2008): 2290-2301.