



IMPORTANCIA DE LAS REDES INSTITUCIONALES EN LA DIFUSIÓN DE PRÁCTICAS SOSTENIBLES PARA LA PRODUCCIÓN PECUARIA EN EL ESTADO DE YUCATÁN, MEXICO †

[IMPORTANCE OF INSTITUTIONAL NETWORKS IN THE DISSEMINATION OF SUSTAINABLE PRACTICES FOR LIVESTOCK PRODUCTION IN THE STATE OF YUCATAN, MEXICO]

Eugenio Eibenschutz Gutiérrez¹, Francisco Galindo Maldonado^{2*}, Jesús Mario Siqueiros García³, Francisco Javier Solorio Sánchez⁴ and Carlos Alberto López Castro⁵

¹*Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad UNAM. Unidad de Posgrado. Edificio D, primer piso. Ciudad Universitaria. Mexico City, México. E-mail: eiben11@hotmail.com*

²*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. Ciudad Universitaria, Av. Universidad 3000, Colonia, C.U., Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México. E-mail: fgalindomaldonado@gmail.com*

³*IIMAS UNAM. Circuito Escolar 3000, Ciudad Universitaria, 04510, México City, México. Email: jmario.siqueiros@iimas.unam.mx*

⁴*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UADY. Carretera Mérida-Xmatkuil Km. 15.5, C.P. 97315 Mérida, Yucatán, México. E-mail: ssolorio@correo.uady.mx*

⁵*Cinvestav Mérida. Carretera Mérida - Progreso, Loma Bonita, 97205 Mérida, Yucatán, México. E-mail: carlosdrakko@gmail.com*

*Corresponding author

SUMMARY

Background: Practices such as the establishment of monocultures, the use of herbicides and overgrazing in tropical cattle ranching have led to deforestation and soil degradation in extensive areas of natural vegetation, causing local and global environmental consequences. In the state of Yucatán, different actors have created initiatives to avoid these consequences through the design, dissemination and implementation of sustainable practices among cattle producers. **Objective:** This paper seeks to understand how the structure of institutional networks affects the dissemination of sustainable livestock practices for the management of water, soil, biodiversity, forage and animals, which favor a transition to sustainability for the livestock sector in Yucatan. As a case study, the project coordinated by the Universidad de Yucatan for the establishment of intensive silvopastoral systems (ISPS) is analyzed, particularly the scope of the project to transform the practices of livestock farmers in the state of Yucatan and the role played by institutions linked to livestock issues to promote or obstruct this transformation. **Methodology:** The research was carried out by means of interviews with actors identified by their position in the different institutions linked to cattle raising. The multilevel perspective (MLP) was used to classify the different actors involved in the categories of landscape, regime or niche, according to their institutional powers in cattle ranching issues. An institutional network analysis was also carried out and a computer simulation was run using a random walker to identify the most frequent routes and connections between nodes. The nodes of the network represent the institutions mentioned during the interviews. **Results:** Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Secretaría de Desarrollo Rural (SEDER), Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), Unión Ganadera Regional General de Yucatán (UGRGY), Unión Ganadera Regional del Oriente de Yucatán (UGROY) as well as The Nature Conservancy (TNC). **Implications:** The statistical analysis shows little communication among nodes and the paths that allow the different actors to interact generally pass through a few of them with greater centrality. **Conclusion:** The faculties of each

† Submitted September 1, 2023 – Accepted November 28, 2023. <http://doi.org/10.56369/isaes.5138>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = F. Galindo Maldonado: <http://orcid.org/0000-0003-2737-6158>; J.M. Siqueiros García: <http://orcid.org/0000-0001-8008-6198>; F.J. Solorio Sánchez: <http://orcid.org/0000-0002-1384-8639>

institution are designed for a vertical execution of public policies that leaves many actors without the possibility of participation particularly when existing programs have a short-term vision that hinders innovation and the achievement of a specific sustainability goal.

Key words: Sustainability; Institutional networks; Innovation; Socio-technical systems; Cattle producers.

RESUMEN

Antecedentes: Prácticas como el establecimiento de monocultivos, el uso de herbicidas y el sobrepastoreo en la ganadería tropical, han propiciado la deforestación y la degradación de los suelos en extensas áreas de vegetación natural, ocasionando problemas ambientales a nivel local y global. Distintos actores han creado iniciativas para evitar dichas consecuencias mediante el diseño, difusión e implementación de prácticas sostenibles entre los productores de ganado bovino. **Objetivo:** Analizar y comprender cómo incide la estructura de las redes institucionales en la difusión de prácticas ganaderas sostenibles para el manejo del agua, suelo, biodiversidad, forrajes y animales, con el fin de favorecer una transición a la sostenibilidad para el sector pecuario en Yucatán. Se analiza como estudio de caso el proyecto coordinado por la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) para el establecimiento de sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI), particularmente el alcance del proyecto para transformar las prácticas de los ganaderos del estado de Yucatán. Además, el papel que juegan las instituciones vinculadas a temas de ganadería, ya sea para impulsar o limitar dicha transformación. **Metodología:** La investigación se realizó por medio de entrevistas a actores clave identificados por su posición en las diferentes instituciones ligadas a la ganadería. Se empleó la perspectiva multinivel (MLP) para categorizar como paisaje, régimen o nicho a los diferentes actores involucrados, de acuerdo con sus facultades institucionales en temas de ganadería con bovinos. De igual forma, se llevó a cabo un análisis de redes institucionales y se ejecutó una simulación computacional usando un caminante aleatorio con el fin de identificar las rutas y conexiones más frecuentes entre los nodos. Los nodos de la red representan a las instituciones mencionadas de forma reiterada durante las entrevistas. **Resultados:** Los caminos más repetidos estuvieron conformados por los nodos que representan a las siguientes instituciones: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Secretaría de Desarrollo Rural (SEDER), Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), Unión Ganadera Regional General de Yucatán (UGRGY), Unión Ganadera Regional del Oriente de Yucatán (UGROY) así como The Nature Conservancy (TNC). **Implicaciones:** El análisis estadístico muestra escasa comunicación entre los nodos y los caminos que permiten interactuar a los diferentes actores pasan generalmente por unos pocos nodos con mayor centralidad. **Conclusión:** Las facultades de cada institución, están diseñadas para una ejecución vertical de políticas públicas que deja sin posibilidad de participación a muchos actores. Particularmente cuando los programas vigentes presentan una visión a corto plazo que dificulta la innovación y el cumplimiento de una meta de sostenibilidad específica.

Palabras clave: Sostenibilidad; redes institucionales; innovación; sistemas socio-técnicos; productores de bovinos.

INTRODUCCIÓN

Algunas de las prácticas más comunes en los sistemas de producción de alimentos tales como la deforestación, la aplicación de herbicidas para establecer monocultivos, la industrialización y el crecimiento demográfico han contribuido a generar un deterioro ambiental a nivel global, así como la pérdida de biodiversidad y la degradación de suelos (Cederberg, 2012). La ganadería ha adquirido mala reputación por los efectos mencionados, sin embargo, es una actividad económica importante que ayuda a cientos de millones de personas a sobrevivir en zonas marginales (FAO, 2018).

Desde hace varios años, la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) ha venido realizando trabajos donde muestra alternativas para reducir los impactos negativos de la actividad pecuaria en el medioambiente a través de prácticas de ganadería

sostenible (PGS). Entre estas prácticas se encuentran la rotación de potreros, las cercas vivas, el reciclaje de nutrientes, los bancos de proteínas, los sistemas agroforestales, sistemas silvopastoriles (sus acrónimos, SSP o SSPI), las cuales implican incorporar especies arbóreas y arbustivas en los paisajes ganaderos. Estas prácticas contribuyen a la mayor captura de carbono, la conservación del suelo, la alimentación y el bienestar animal (Casanova, Petit y Solorio, 2011).

En la esfera ambiental existen beneficios en el incremento de la biodiversidad animal y vegetal en los predios dedicados al pastoreo, derivados de la inclusión de nuevas especies arbóreas y arbustivas que fungen simultáneamente como nichos para el desarrollo de diversas especies animales. Adicionalmente, estas prácticas aumentan la captura de carbono en el suelo y en el tejido leñoso de las diferentes especies vegetales (Casanova,

Petit y Solorio, 2011). Esta situación favorece la fertilidad de los suelos derivada de un mayor aporte de materia orgánica, la fijación de nitrógeno por medio de bacterias del género *rhizobium* asociadas a distintas especies de leguminosas, una mejor retención de humedad en los suelos derivada de una mayor cobertura vegetal y el incremento de microorganismos que facilitan la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, logrando prosperar debido a una mejora en los microclimas auspiciados por las especies arbóreas y arbustivas (Julca-Otiniano *et al.*, 2006).

En la esfera socioeconómica, los sistemas SSP son más productivos ya que pueden sostener a un mayor número de animales y requieren menos insumos externos en comparación, por ejemplo, con los monocultivos de gramíneas y pueden a su vez incluir otro tipo de aprovechamientos simultáneos como especies maderables, frutales, apicultura entre otros que permiten mayores ingresos para el productor, además de un sistema productivo sostenible y más resiliente (Lugo *et al.*, 2015, Casanova *et al.*, 2016, Galindo *et al.*, 2017).

A diferencia de los sistemas de monocultivo, los sistemas silvopastoriles pueden proporcionar una mayor disponibilidad de alimento, mayor biodiversidad, mayor conectividad entre las zonas del hábitat y un mayor bienestar animal, por lo que pueden sustituir a los sistemas existentes en muchas partes del mundo y deberían seguir desarrollándose (FAO, 2013; Broom, Galindo, Murgueitio, 2013).

En el estado de Yucatán se han realizado diferentes esfuerzos encabezados por distintos actores, principalmente académicos y organizaciones no gubernamentales, con el fin de difundir prácticas sostenibles entre los ganaderos. Dichos esfuerzos no han conducido a una transformación generalizada de las prácticas del sector pecuario en el estado. Las iniciativas para promover prácticas sostenibles, particularmente SSPI en Yucatán, no han sido adoptadas por los productores. Por lo tanto, la superficie con un sistema de manejo silvopastoril no ha crecido significativamente (Alayón, 2016).

El presente trabajo examina un caso de estudio que ilustra la manera en que opera una iniciativa en su contexto institucional. La iniciativa fue impulsada por la Fundación Produce Michoacán (FPM) y la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), con apoyo de SAGARPA en 2011 y 2012, para el fomento y desarrollo de sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI) en Yucatán. Según se muestra en

el informe de la Fundación Produce sobre el proyecto, sólo 45 productores iniciaron con una superficie de 250 hectáreas (Flores y Solorio 2012). Después de 9 años de trabajo y seguimiento, sólo hay alrededor de 100 productores identificados con SSPI (Solorio, 2020). Esto quiere decir que menos del 1% de los productores del estado han adoptado los SSPI, ya que actualmente hay 16,387 Unidades de Producción Pecuaria (UPP) con bovinos en Yucatán de acuerdo a los datos del Padrón Ganadero Nacional (PGN). Sin embargo, se considera que el proyecto aludido ha obtenido resultados favorables pues hoy en día los SSPI son aplicados por parte de productores, aspecto que anteriormente no existía o del cual hasta ahora no se tiene evidencia tangible. Lo que el presente trabajo busca visibilizar es la necesidad de estrategias paralelas a gran escala que permitan una transformación del sector y generen un beneficio significativo tanto al medio ambiente como a las poblaciones humanas.

Las características particulares de las instituciones formales e informales, así como su relación con los diferentes actores, incide directamente en la posibilidad de implementar nuevas prácticas que faciliten la adaptación al cambio climático (Calliari *et al.*, 2019). El reto es identificar y analizar los posibles obstáculos y promover una configuración institucional que permita una transformación de las prácticas productivas en Yucatán hacia un modelo sostenible. Para abordar dicho problema, se utilizaron los conceptos que plantea la perspectiva multinivel (MLP) y el análisis de redes institucionales (ARI).

Según explica Geels (2019), la investigación sobre transiciones socio-técnicas surgió a principios del año 2000 en el campo de los estudios sobre innovación. La perspectiva multinivel considera las transiciones como procesos no lineales que resultan de la interacción entre diferentes niveles de actores que se definen por las siguientes categorías analíticas: nicho, régimen sociotécnico y el paisaje sociotécnico (Geels, 2011). Cada una de estas categorías contiene a la otra. El régimen, constituido en este caso por los principales actores institucionales del sector agropecuario convencional, es más estable que el nicho como espacio donde se gestan las innovaciones, siendo en este caso representado por la iniciativa para implementar SSPI. El régimen presenta un número mayor de actores involucrados y una mayor coincidencia entre los diferentes actores mediante leyes y otras prácticas que dan continuidad a sus interacciones (Geels, 2011). Por último, el paisaje se refiere a las tendencias globales que pueden

generar diferentes presiones y transformaciones a nivel local como sería el caso del cambio climático (El Bilali, 2019).

Es necesario que los procesos a nivel de nicho, régimen y paisaje se encuentren alineados. Esto implica que las presiones originadas a nivel de paisaje, generen disrupciones en el régimen, siendo ésta la oportunidad del nicho para que una transición sea exitosa (Geels, 2011). Para el presente estudio se consideró que el nicho representa la iniciativa para implementar SSPI. El régimen se entiende como una red de actores, tecnologías, reglas e instituciones que sostienen el sistema dominante actual a nivel nacional. Por último, el paisaje comprende una serie de circunstancias como el crecimiento poblacional, el cambio climático o las políticas económicas a nivel global (El Bilali, 2019).

La transición a un modelo sostenible implica cambios en las prácticas de producción y consumo, en las políticas públicas, la infraestructura, los modelos de negocios e incluso en los significados culturales asociados a dichos procesos (El Bilali, 2019). Mediante un análisis de redes institucionales (ARI) se describen y representan de forma gráfica las características de las instituciones que se encuentran vinculadas a la producción de bovinos en el estado de Yucatán. El análisis de redes institucionales ha resultado útil como una herramienta para rediseñar políticas públicas y adecuar los programas institucionales a las necesidades de los actores involucrados (Calliari *et al.*, 2019). Así, el ARI aporta claridad para mejorar el entramado institucional y la distribución de recursos e información con miras a una transición a la sostenibilidad.

El objetivo de esta investigación fue identificar y analizar las limitantes para establecer los sistemas silvopastoriles desde la perspectiva de los ganaderos, así como comprender como la estructura de las redes institucionales ligadas a la producción de bovinos en el estado de Yucatán influyen en la posibilidad de implementar estos sistemas para transitar a sistemas ganaderos más sostenibles teniendo como caso de estudio la manera en que opera institucionalmente la iniciativa impulsada por la Fundación Produce Michoacán (FPM) y la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), con apoyo de SAGARPA en 2011 y 2012, para el fomento y desarrollo de sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI) en Yucatán. Para abordar dichos objetivos se utilizaron los conceptos que plantea la perspectiva

multinivel (MLP) y el análisis de redes institucionales (ARI).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se dividió en tres fases:

Fase 1 Entrevistas

La información para identificar la red de actores institucionales se obtuvo por medio de entrevistas a diferentes actores. El criterio de selección de los entrevistados fue su posición como dirigentes en alguna institución vinculada a la producción de bovinos en el estado de Yucatán. Tal es el caso de los presidentes de las asociaciones ganaderas locales, de las uniones ganaderas que agrupan a las anteriores y de algunos funcionarios de la SADER. La posición de los actores seleccionados les permite un amplio conocimiento de las alianzas institucionales, los programas vigentes y las problemáticas que enfrentan los productores, ya que algunos de ellos son también productores. Para compilar los puntos de vista específicos de los productores se realizaron 40 entrevistas estructuradas a productores de distintos municipios, 20 entrevistas estructuradas a ganaderos afiliados a la UGROY y 20 a ganaderos afiliados a la UGRGY. Esto se realizó por medio de cuestionarios de opción múltiple en los cuales se planteaban las problemáticas y opiniones más comunes sobre las causas de la escasa difusión de los SSP en México y Centroamérica. Autores como Mahecha (2003), Murgueitio *et al.* (2006), González (2018) y Cancino *et al.* (2016) son algunos colaboradores de la literatura en torno a esta cuestión y abordan dicha problemática desde diferentes ángulos y en contextos distintos. A su vez, es preciso agregar que las preguntas plasmadas en los cuestionarios que se aplicaron derivan de los resultados de dichos trabajos, es decir, se realizó una síntesis de las ideas que comúnmente se utilizan como argumentos en contra de los SSP y en el cuestionario se buscó que los entrevistados afirmaran o negaran dichas posturas. Para más detalles, ver el cuestionario respectivo en el anexo.

Se llevaron a cabo entrevistas a los dirigentes de las uniones ganaderas más grandes del estado - UGRGY y UGROY-, a los investigadores vinculados a ganadería bovina de la facultad de Ciencias Biológicas y de la Salud en la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), así como a los encargados del área de ganadería en instituciones gubernamentales como la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y

Pecuarías (INIFAP) y Comité Estatal Para el Fomento y Protección Pecuaría del Estado de Yucatán (CEFPPY). De igual forma se entrevistaron a miembros de organizaciones no gubernamentales como Pronatura TNC y a uno de los encargados del proyecto de Fundación Produce para la difusión e implementación de SSPI. Durante estas entrevistas a representantes de las instituciones se solicitó a los entrevistados que describieran las relaciones de colaboración institucional y la naturaleza de dicha colaboración: esta información permitió generar la red institucional de colaboración.

Fase 2 Conformación de la red

Con la información obtenida por medio de las entrevistas, se realizó la Red Institucional Ganadera (RIG) mediante un código escrito en Python que utiliza la librería NetworkX y permite exportar los datos para una visualización gráfica de la red mediante Cytoscape (Shannon *et al.*, 2003). Los nodos de la RIG representan a las instituciones y sus enlaces, a los vínculos que éstas establecen, principalmente por tres diferentes motivos. En primer lugar, se vinculan por temas relacionados a la generación y difusión de conocimiento científico, lo que incluye investigación, docencia y capacitaciones. En segundo lugar, se vinculan por temas de comercio y dispersión de recursos gubernamentales para los diferentes programas. Por último, existen vínculos normativos sobre temas de sanidad animal, los cuales regulan la movilización de animales a pie. La RIG es una red dirigida en la que el desplazamiento de un nodo a otro sólo es posible en un sentido.

El análisis de la topología de la RIG permite modelar el flujo de información a través de la misma, por lo tanto se tomaron medidas como el grado promedio de la RIG, es decir, el número de enlaces promedio por nodo; su coeficiente de agrupamiento promedio, que muestra la probabilidad promedio de que los vecinos de los nodos estén conectados entre sí y muestra también el análisis de la centralidad por intermediación, la cual proyecta las veces que un nodo forma parte de los caminos más cortos entre nodos. De igual forma, al ser la RIG una red dirigida, se estudiaron los grados de entrada y salida de los nodos, los cuales hacen referencia a los enlaces que entran y salen de cada respectivo nodo (Barabási y Pósfai, 2016).

Se implementó un “caminante aleatorio” en una simulación computacional sobre la RIG. El caminante aleatorio, es una formulación

matemática de la trayectoria que se genera a partir de pasos aleatorios sucesivos. Esto significa que la dirección que toma el caminante en un tiempo determinado, no tiene relación con sus movimientos previos (Codling *et al.* 2008). La simulación se implementó usando el lenguaje de programación Python. En cada corrida se dejó que el caminante diera x número de pasos. El caminante inició su caminata desde cada uno de los distintos nodos de la RIG y así se pudo comparar la longitud y la trayectoria. Para validar los resultados se realizó la misma caminata en un modelo nulo denominado “red aleatoria” con el mismo número de nodos, específicamente en una red aleatoria Erdős-Rényi (1959) misma que constituye una herramienta didáctica para el análisis de la RIG.

Si hablamos de un caminante aleatorio podríamos pensar que todas las rutas tienen la misma probabilidad de ser transitadas. Sin embargo, la estructura de una red específica cambia esta circunstancia generando condiciones particulares que hacen más o menos probable la repetición de ciertos recorridos. El propósito de la simulación es identificar las rutas preferenciales de conexión institucional al interior de la red, porque esto evidencia sus cualidades estructurales. En última instancia la simulación revela la estructura característica de la RIG, al mostrarnos los trayectos que se repiten con mayor frecuencia.

Fase 3 Revisión de las facultades institucionales

En esta fase se revisaron las interacciones institucionales para comprender cuál es el área de competencia de cada institución, cuáles son sus atribuciones legales, y cuáles son las funciones que deberían desempeñar. Esto con la finalidad de fortalecer la calidad de la información obtenida y asegurar que las redes institucionales, que se construyeron con datos de las entrevistas, presentan una coherencia general. Se revisó el Prontuario Marco Jurídico Sector Ambiental 19 - 06 - 2018 que se actualiza de forma automática en concordancia con el Portal de Obligaciones de Transparencia. En este último se agrupan las leyes y reglamentos que competen a cada institución, permitiendo definir su ámbito de acción. Se analizaron las facultades de acción de las instituciones gubernamentales vinculadas con el tema, así como los programas específicos para la ganadería bovina en el estado de Yucatán.

RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados de las tres fases anteriormente descritas. En la Fase 1, la

cual corresponde a las entrevistas, se presentan en porcentajes las respuestas de los productores entrevistados sobre la ganadería y el medio ambiente; en la fase 2 se muestra la imagen de la RIG con los tres caminos más largos, de igual forma, en las tablas subsecuentes se visualiza el análisis de los parámetros estadísticos y, por último, en la fase 3 se describen los hallazgos del análisis documental sobre las facultades institucionales.

Fase 1 Entrevistas

En la Tabla 1 se muestra que la mayoría de los entrevistados considera que la ganadería no es en sí misma un problema para el medio ambiente. Solo el 5% de los entrevistados respondieron que, en efecto, la ganadería implica un problema ambiental. Sin embargo, el 100% de los productores entrevistados considera que es posible una ganadería sostenible.

Con respecto a las razones por las cuales no se implementan SSP, el 57% afirmó que no existe interés por parte de los productores, el 55% sostiene que no hay mercado que permita una remuneración especial por un producto distinto, el 52.5% menciona que faltan apoyos de gobierno para desarrollar SSP, el 50% consideró que no hay asesoría técnica, el 47.5% que hay desconocimiento de los mismos productores en relación a la ventajas de dichos sistemas, el 42% piensa que no hay recursos propios para realizar el cambio a SSP, el 22.5% considera que los SSP son ideas que no funcionan en la práctica, el 20% piensa que no son sistemas rentables y el 15%

planteó que siempre ha trabajado de la misma manera y no ve la necesidad de cambiar.

Fase 2 Conformación de la red

Se obtuvo la RIG constituida por 64 nodos y 203 enlaces. En la red se distinguen cuatro clústeres, cada uno con nodos que sostienen interacciones más estrechas entre sí que con nodos de otros clústeres. Dos clústeres están conformados por las uniones ganaderas del oriente y el centro del estado, uno más muestra interacciones entre instituciones académicas y no gubernamentales y, el último está conformado por instituciones privadas que son parte de la estructura empresarial para la comercialización de bovinos en el estado.

En la figura 1, que se puede apreciar abajo, se comparan los caminos más repetidos. El resultado muestra que después de 100 iteraciones, desde cada uno de los 64 nodos, sólo hay 3 caminos que tienen una longitud de 11 pasos y que inician en los nodos 3 Biopasos, 21 IICA y 22 Inca-Rural respectivamente. Los caminos de 11 pasos que se describen aquí son los más largos que se pudieron hacer con el caminante aleatorio. Entre más largo es un camino, mayor es su potencial para comunicar algo en la red, ya sean recursos económicos, ideas, conocimientos etcétera. La longitud de esta ruta es importante porque permite vincular a tres de los cuatro clústeres que se aprecian en la representación gráfica de la RIG. Sin embargo, los caminos que más se repiten son los que se encuentran al interior del clúster de instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil.

Tabla 1. Respuestas de ganaderos afiliados a la UGRGY (n=20) y UGROY (n=20) sobre la relación entre ganadería y medio ambiente y sobre las dificultades para establecer sistemas silvopastoriles.

Relación ganadería y medio ambiente desde la perspectiva de los ganaderos				
Pregunta	(Sí)	(No)	% (Sí)	% (No)
¿La ganadería es un problema ambiental?	2	38	5%	95%
¿Es posible una ganadería sostenible?	40		100%	0%
Razones por las que no se difunden e implementan sistemas silvopastoriles según los productores				
Razones mencionadas	De acuerdo		%	
No son rentables	8		20%	
No funcionan en la práctica	9		22.5%	
No hay interés de los productores	23		57.5%	
No hay apoyos de gobierno	21		52.5%	
No hay recursos propios	17		42.5%	
No hay asesoría técnica	20		50%	
No hay mercados	22		55%	
Desconocimiento de productores	19		47.5%	
Siempre ha sido así, no es necesario cambiar	6		15%	

Encontramos que los 3 caminos más largos inician al interior de dicho clúster y coinciden en la conexión final con el nodo 40 (SEDER) el cual presenta una gran centralidad por intermediación, pues es el único que permite un vínculo entre los diferentes clústeres. Por ejemplo, los caminos que conectan a los nodos 7 CATIE, 21 IICA, 22 Inca-Rural y 3 Biopasos, muestran una relación cercana que deriva del trabajo conjunto que realizan dichas instituciones. No obstante, los caminos más largos no permiten conectar con el clúster de instituciones privadas dedicadas a la comercialización de bovinos. Todos los caminos terminan en los clústeres de organizaciones ganaderas porque de ahí no es posible realizar caminos largos que permitan conectar con otros.

En la Tabla 2 se muestra la relación entre los números de nodo que aparecen en la Imagen 1 con las instituciones que estos representan. Los nodos 3, 56, 21, 59, 63 y 40 aparecen 3 veces en los caminos más repetidos durante la trayectoria del caminante. Los nodos corresponden a las siguientes instituciones: 3 Biopasos, 56 TNC, 21 IICA, 59 UADY, 63 UNAM y 40 SEDER como se puede apreciar en la Tabla 2. Dichos nodos juegan un papel importante de intermediación para la organización, difusión y financiamiento de proyectos para el sector pecuario en el estado. Los nodos 53 Ticul, 54 Tixkokob, 10 Chemax, 39 San Felipe y 55 Tizimín son AGL y parecieran no tener una función particular que justifique su aparición en los caminos más repetidos. No obstante, la posición estructural de cercanía con otros nodos

que muestran mayor centralidad por diferentes motivos permite que aparezcan en los caminos más repetidos.

Las características de los nodos más repetidos son las siguientes: El nodo 7 representa al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) que es una institución con presencia en América Latina y el Caribe derivada del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Su propósito central es promover la innovación con miras a la sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria y el manejo de recursos naturales. El nodo 21 representa al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) que tiene el propósito de fomentar el desarrollo agrícola y bienestar rural de los estados miembros. El nodo 22 representa al Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural (INCA Rural), una asociación civil con carácter de empresa de participación estatal mayoritaria, sectorizada a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Por otro lado, el nodo 59 representa a la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Como puede observarse, la mayor parte son instituciones cuya función es vincular diferentes actores, difundir conocimientos y promover buenas prácticas para la ganadería. A continuación, en la Imagen 1 se aprecian cualidades casi homogéneas entre los nodos y no se distingue una estructura jerárquica o una afinidad particular en los clústeres.

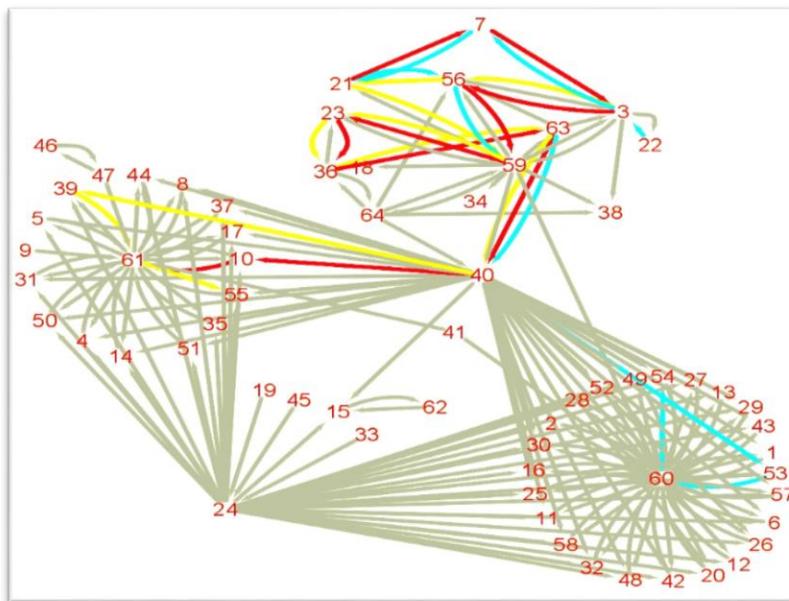


Figura 1. Representación gráfica de la RIG. Los 3 caminos más largos se resaltan en color amarillo, rojo y azul.

Tabla 2. Instituciones y su correspondiente número de nodo.

Número/ Nombre del Nodo													
1	Akil	11	Chochola	21	IICA	31	Panabá	41	SENASICA	51	Temozón	61	UGROY
2	Baca	12	Komchen	22	Inca-Rural	32	Peto	42	Seyé	52	Tetiz	62	UICN
3	Biopasos	13	Conkal	23	INIFAP	33	Praderas H	43	Sotuta	53	Ticul	63	UNAM
4	Buctzotz	14	Dzilam-Br	24	Intermediario	34	Pronatura	44	Sucilá	54	Tixkokob	64	Valladolid
5	Calotmul	15	Dzilam- Go	25	Izamal	35	Quintana Roo	45	Sukarne	55	Tizimin		
6	Cansahcab	16	Dzidzantun	26	Kantunil	36	Redgatro	46	Tec Concal	56	TNC		
7	Catie	17	Espita	27	Kinchil	37	Rio Lagartos	47	Tec Tizimin	57	Dzoncauich		
8	Cenotillo	18	F-Produce	28	Maxcanu	38	Sader	48	Tekax	58	Tzucacab		
9	Chapingo	19	Gusi	29	Mérida	39	San Felipe	49	Telchac	59	UADY		
10	Chemax	20	Hunucma	30	Oxkutzcab	40	SEDER	50	Temax	60	UGRGY		

La RIG (figura 1) es una red dirigida en la que los distintos actores buscan a otros por diferentes motivos: Intereses económicos, académicos, normativos o sanitarios. El coeficiente de agrupamiento es bajo, lo cual implica que existen pocos subgrupos con interacciones más estrechas. Sin embargo, la RIG está constituida de un solo componente, esto quiere decir que existen caminos que pueden llevar de un nodo determinado a cualquier otro nodo en la red. La mayoría de los nodos cuentan con más de un enlace, pese a ello, la densidad es baja, por esto, se aprecian pocas interacciones directas entre ellos. Esto quiere decir que hay pocos caminos que comunican a un nodo con cualquier otro nodo en la red. En este sentido, lo anterior implica que la velocidad en la que se comunican los diferentes nodos en la red es más limitada que si esa misma red tuviese más enlaces entre los diferentes nodos.

En la Tabla 3 se muestran los nodos que destacan debido a la centralidad por intermediación, por out-degree y por in-degree. En otras palabras, se encontraron ciertos nodos que destacan por su posición según los resultados de los parámetros estadísticos. La UGRGY y la UADY son las más destacadas debido a la centralidad por intermediación, seguidas de la UGROY y la SEDER. La UGRGY y la UGROY son los actores

que presentan mayor cantidad de enlaces entrantes. En otras palabras, resultan más buscados por el resto de los actores en la red, mientras que la SEDER es la institución con el mayor valor de out degree, o enlaces salientes, lo cual se explica por su función de dispersar recursos federales para el sector, así como promover la capacitación y sostener la normatividad vigente. A continuación, se presenta en la Tabla 3 una relación de los datos estadísticos derivados de las cualidades estructurales de las instituciones que, por distintos motivos presentan mayor centralidad en la RIG.

En la Tabla 4 se muestra un comparativo entre los datos estadísticos de la RIG y una red nula. Podemos observar que la RIG presenta estructuras que no se generan por procesos aleatorios. La simulación muestra una tendencia a la repetición de ciertos nodos y caminos en la RIG, condición que se relaciona con las características estructurales de la red y las funciones específicas de ciertos nodos. Los datos estadísticos de la red aleatoria Erdős-Rényi permiten observar diferencias en el número de enlaces que manifiestan los nodos en promedio, esto implica que hay menos nodos con características estructurales destacadas. Aunque la densidad es la misma, lo cual implica baja conectividad entre los nodos, no se aprecian nodos con posiciones de centralidad destacadas.

Tabla 3. Datos estadísticos de las instituciones que destacan por sus cualidades estructurales.

Institución	Intermediación	Centralidad por cercanía	Coficiente de Agrupamiento	In-degree	Out-degree
UNAM	0.3	0.5	0	2	5
UADY	2.8	0.5	0	5	10
SEDER	2.7	0.9	0	2	40
TNC	0.7	0.3	0.3	5	3
UGROY	2.6	1	0	18	15
UGRGY	5.8	1	0	27	25

Tabla 4. Resultados del análisis estadístico de la RIG y la red aleatoria Erdős-Rényi.

Estadísticas de las dos redes	Nula	RIG
Número de nodos	64	64
Número de ejes	203	203
Vecinos promedio	6.125	4.688
Diámetro	8	5
Coefficiente de agrupamiento	0.051	0.027
Densidad	0.050	0.050
Componentes conectados	1	1
Número de auto enlaces	0	0
Pares de nodos con múltiples enlaces	7	53

Fase 3 Revisión de las facultades institucionales

En la revisión del Prontuario Marco Jurídico Sector Ambiental 19 - 06 - 2018 se identificaron estructuras jerárquicas y compartimentadas en las interacciones institucionales y en los programas vigentes de apoyo al productor ganadero. Además, encontramos que las facultades legales de las instituciones se encuentran fragmentadas, porque no se encontraron estructuras legales que fomenten la integración de las instituciones para abordar problemas comunes. Es decir, la producción agropecuaria está ligada a los recursos naturales y el impacto que tienen las prácticas productivas se manifiesta en todo el socioecosistema, no se pueden fragmentar de acuerdo al ámbito de competencia de cada institución. En síntesis, en la revisión de los programas y ámbitos de

competencia de las instituciones relacionadas con la ganadería y los recursos naturales tales como SADER, SEMARNAT, CONAGUA y CNOG, no está prevista una estrategia de interacción institucional que permita abordar los temas ambientales en su complejidad. Como información adicional, en la siguiente Tabla 5 se muestra una síntesis de los programas vigentes de apoyo a los productores ganaderos en el estado de Yucatán.

DISCUSIÓN

Las entrevistas, el análisis de redes institucionales, la revisión de los programas gubernamentales para la ganadería con bovinos y la simulación del caminante aleatorio, permiten identificar algunas características de la RIG y sus posibles efectos en la implementación de PGS. La problemática ambiental a nivel mundial ha dejado en claro la necesidad de una transformación de las prácticas ganaderas (Broom, *et al.*, 2013). En el estado de Yucatán encontramos que las políticas y programas que impulsan las instituciones de gobierno carecen de una visión de largo plazo con objetivos de sostenibilidad. La sostenibilidad afirma la necesidad de proteger la integridad ecológica, lo que implica una responsabilidad intergeneracional (Frantzeskaki *et al.*, 2012). Sin embargo, el análisis de la RIG muestra que no se están conduciendo los recursos, los conocimientos técnicos, las políticas públicas y los programas en una dirección que favorezca un objetivo de largo plazo para la implementación de PGS.

Tabla 5. Los programas vigentes para la ganadería en Yucatán.

Programa	Descripción
Peso a peso	Consiste en la entrega de apoyos en especie como insumos, herramientas y equipos comprendidos dentro de un catálogo emitido por la SADER. Los apoyos pueden ser de 100% cuando se trata de pequeños productores (menos de 35 unidades animales de ganado bovino o su equivalente en otras especies), el 70% del valor del producto para los productores orgánicos dentro del catálogo o el 50% cuando no se trate de pequeños productores o productos orgánicos (Gobierno de Yucatán, 2022).
Veterinario en tu rancho	La atención veterinaria no tiene costo para el productor, solo cubre los materiales que sean necesarios dependiendo la situación. El programa se implementa a partir de 2019 impulsado por el gobierno de Mauricio Vila Dosal, con el propósito de apoyar a pequeños productores ganaderos que no cuentan con los servicios de técnicos profesionales para orientar el manejo de sus animales y resolver eficazmente las emergencias que se presentan en sus unidades de producción (Gobierno de Yucatán, 2022).
Mejoramiento genético y repoblamiento ganadero	Mejoramiento genético consiste en la entrega de apoyos económicos para la adquisición de sementales que permitan la incorporación de genética de alta calidad en el hato bovino, ovino o caprino. El tema de repoblamiento consiste en la entrega de apoyos económicos a los productores pecuarios para la adquisición de vientres de ganado bovino (Gobierno de Yucatán, 2022).

Esta condición hace que los productores no tengan incentivos para adoptar PGS, ocasionando una falta de interés en la mayoría de los productores para transformar sus prácticas. Este es el caso de la iniciativa presentada por FPM y la UADY para la implementación de SSPI desde el año 2011. Una de las características que permite explicar por qué no se implementan a gran escala iniciativas como esta, es la forma particular en la que interactúan los diferentes actores en la RIG. La estructura de la RIG favorece una interacción vertical en donde SADER concentra recursos y la toma de decisiones respecto a las prácticas y políticas para el sector ganadero en México, mientras que las uniones ganaderas se encargan de difundir e implementar dichas decisiones con los productores. Por otra parte, las grandes empresas comercializadoras conforman un clúster que no se comunica con el resto de los actores. Sin embargo, toman las decisiones de mercado que afectan a todo el sector, sin que existan mecanismos para incluir las necesidades e intereses de todos los actores.

Las consecuencias de dicha estructura en la RIG, y de la desconexión entre los actores abocados a la comercialización y los productores, se reflejan en los programas para la ganadería en el estado de Yucatán. Los programas no están diseñados para abordar problemas ambientales y socioeconómicos ligados a las prácticas productivas de la ganadería con bovinos. La finalidad de los programas vigentes es resolver temas prácticos a corto plazo orientados primordialmente a la productividad. Por ejemplo, el programa Peso a Peso le permite al productor adquirir insumos que requiere para su finca y así poder ser más productivo. Con todo, el productor seguirá necesitando los insumos y, por lo tanto, será dependiente del apoyo. Este problema de dependencia de los ciudadanos con los apoyos del gobierno es similar a otra problemática que ya se ha identificado en otras investigaciones y se le denomina *la tragedia de la urgencia* (Cid y Lerner, 2023). El término hace referencia a una situación que experimentan muchos gobiernos locales, en la que se ven sumidos en una inercia que sólo les permite resolver temas urgentes de corto plazo dejando de lado los temas complejos de largo plazo como es el caso del cambio climático y la necesidad de implementar estrategias de adaptación (Moser *et al.*, 2019 en Cid & Lerner, 2023). El término *tragedia* de la urgencia en el artículo de Cid y Lerner (2023) se utiliza para referirse a una baja capacidad de los gobiernos locales para obtener y movilizar recursos económicos en una dirección que permita facilitar la adaptación al cambio climático.

Por otra parte, la simulación con el caminante aleatorio muestra que los caminos originados en el clúster de instituciones académicas y organizaciones no gubernamentales son los caminos más largos. Esto implica que la información transmitida por dichos caminos tiene una mayor probabilidad de difundirse en la red. Por lo tanto, las instituciones académicas y no gubernamentales son los actores con mayor probabilidad de difundir PGS en la RIG. Sin embargo, observamos que los clústeres generados por las dos uniones ganaderas dificultan la comunicación con el resto de la red. Cuando el caminante aleatorio ingresa en dichos clústeres, la caminata termina abruptamente. Si la caminata inicia en algún nodo dentro de los clústeres de las uniones ganaderas, no alcanza a salir del clúster. Esto es debido a que la mayoría de las conexiones o enlaces se dan entre la Unión Ganadera y las asociaciones locales generando así caminos sin salida. Entonces esta estructura ensimismada que conforman las interacciones de las uniones ganaderas y las instituciones de gobierno como la SADER y la SEDER impide que las iniciativas de la academia y las organizaciones no gubernamentales para implementar PGS tengan éxito. Adicionalmente, encontramos que los caminos no alcanzan en ningún caso al clúster de empresas privadas dedicadas a la comercialización. Esto es relevante porque los comercializadores aseguran la viabilidad de todas las acciones que se realizan en la RIG, pues si no existiera un mercado y una remuneración económica para los productores sería inviable producir. Asimismo, el trabajo de los pequeños productores es fundamental para la comercialización a gran escala. Sin embargo, los actores dedicados a la comercialización mantienen una lógica propia que resulta hermética ante los posibles movimientos del resto de los actores en la RIG.

Este énfasis en la productividad económica contribuye a generar la estructura vertical de la RIG porque toda la cadena productiva está organizada para maximizar las ganancias de las grandes empresas comercializadoras y no para los pequeños y medianos productores. Por esta razón, las PGS no son prioritarias y en consecuencia no han podido difundirse. Según lo explican Van Buuren & Loorbach (2009) la innovación no ocurre como un proceso aleatorio sin causas: es necesario que exista diversidad cognitiva entre un grupo de personas que trabajan juntas. Por este motivo, la amplia participación de todos los actores enriquece porque existe una mayor diversidad de perspectivas que contribuyen a encontrar soluciones. Además, permite una mayor legitimidad a los proyectos,

programas o políticas que de ahí derivan porque representa a una población más amplia y diversa (Van Buuren y Loorbach, 2009).

El proyecto para implementar SSPI en 2011 es una propuesta innovadora respaldada por estudios académicos que muestran diversos beneficios para el productor y el medio ambiente derivados de su implementación. Sin embargo, esto no está transformando las prácticas del sector a una escala que tenga un impacto trascendente para la ganadería en el estado. Los procesos de transición implican tensión entre la aspiración de generar un cambio radical que genera ciertas incertidumbres y las problemáticas existentes de corto plazo que involucran compromisos adquiridos (Frantzeskaki *et al.*, 2012). Pensar fuera de los marcos existentes se considera un requisito para la innovación (Van Buuren y Loorbach, 2009). A pesar de esto, la innovación tiene que responder a una problemática común y aportar soluciones satisfactorias para un conjunto de actores, lo que necesariamente implica incluir al resto de los actores (Van Buuren y Loorbach, 2009).

Actualmente existe una fuerte presión sobre los gobiernos locales derivada de procesos externos que suceden a nivel del paisaje sociotécnico (El Bilali, 2019). La crisis ambiental a nivel mundial está ejerciendo presión sobre los regímenes locales y esto es una oportunidad para que los nichos, en este caso las PGS como los SSPI aporten una alternativa en las estrategias de manejo de los sistemas productivos. En el caso que nos ocupa, el sector del régimen que estudiamos en este trabajo no muestra tendencia a la transformación, su funcionamiento es estable y se encuentra enfocado prioritariamente a incrementar la productividad económica de los diferentes sistemas de producción con bovinos. Dicho sector no contempla otros posibles objetivos que podrían incrementar el bienestar de los productores y asegurar la viabilidad futura de la producción pecuaria. Esto podría transformarse si la problemática ambiental a nivel global genera suficiente presión y obliga a la RIG a plantearse objetivos de largo plazo con el fin de alcanzar un ideal de bienestar que es lo que representa en esencia la idea de sostenibilidad. En esta coyuntura, las innovaciones como los SSPI que provienen principalmente del nicho conformado por instituciones académicas y no gubernamentales tendrían una oportunidad de transformar las prácticas que caracterizan al régimen actual.

CONCLUSIÓN

La aportación más clara de la perspectiva multinivel (MLP) es facilitar una perspectiva amplia del contexto en el que se gestan las innovaciones. El régimen sociotécnico conformado por el aparato institucional constriñe la posibilidad de que las propuestas de los actores que están en el nicho (como es el caso de los SSPI) puedan difundirse. El régimen se impone mediante leyes, programas y toda la estructura institucional que impide que las innovaciones a nivel de nicho florezcan. El panorama institucional en el estado de Yucatán es disperso, no hay suficiente coordinación, no hay visión de largo plazo con objetivos claros y no hay una meta de bienestar, que, en síntesis, es lo que representa la idea de sostenibilidad. Las metas de los programas que se implementan son metas con una visión de corto plazo. La ruta hacia una ganadería sostenible comienza con la integración institucional de las propuestas surgidas del nicho, así como el establecimiento de metas de largo plazo que aseguren el bienestar ambiental, económico y social.

Acknowledgments

Eugenio Eibenschutz was supported by a Ph.D. scholarship 561115 from Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. Eugenio Eibenschutz would like to thank the Ph.D. program from Universidad Nacional Autónoma de México “Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad” as well as the Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT IG201621) for their support to carry out this work.

Funding. This study was funded by a Ph.D. scholarship 561115 from Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). As well as the Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT IG201621).

Conflict of Interest. The authors declare no conflict of interest.

Compliance with ethical standards. Informed consent to participate in the survey was obtained.

Data Availability. The datasets generated during the current study are available from the corresponding author on reasonable request fgalindomaldonado@gmail.com

Author contribution statement (CRediT). E. Eibenschutz Gutiérrez: Conceptualization,

Investigation and Writing-Original draft. **F. Galindo Maldonado**: Conceptualization, Supervision and Project administration. **J.M. Siqueiros García**: Conceptualization, Methodology, Supervision and Validation. **F.J. Solorio Sánchez**: Data analysis and Supervision. **C.A. López Castro**: Software and Formal Analysis.

REFERENCIAS

- Baldassarri, D. and Diani, M., 2007. The Integrative Power of Civic Networks. *American Journal of Sociology*, 113(3), pp. 735-780. <https://doi.org/10.1086/521839>
- Barabási, A.L. and Pósfai, M., 2016. *Network science*. Cambridge:Cambridge University Press.
- Bello, F.D., 2006. Consecuencias de cambios de presión ganadera sobre la estructura de la vegetación a lo largo de gradientes climáticos. *Ecosistemas*, 15, pp. 106-112. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=411>
- Bodin, O., 2017. Collaborative environmental governance: Achieving collective action in social-ecological systems. *Science*, 357(6352), p. eaan1114. <https://doi.org/10.1126/science.aan1114>
- Bodin, O. and Crona, B., 2009. The role of social networks in natural resource governance: What relational patterns make a difference? *Global Environmental Change*, 19, pp. 366-374. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.05.002>
- Broom, D.M., Galindo, F. A. and Murgueitio, E., 2013. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1771), p. 20132025. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2025>
- Bukchin, S. and Kerret, D., 2020. Character strengths and sustainable technology adoption by smallholder farmers. *Heliyon*, 6(8), E04694. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04694>
- Calliari, E., Michetti, M., Farnia, L. and Ramieri, E., 2019. A network approach for moving from planning to implementation in climate change adaptation: Evidence from southern Mexico. *Environmental Science & Policy*, 93, pp. 146-157. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.11.025>
- Campbell, A. and King, A.E.H., 2022. Choosing Sustainability: Decision Making and Sustainable Practice Adoption with Examples from U.S. Great Plains Cattle Grazing Systems. *Animals*, 12(3), p. 286. <https://doi.org/10.3390/ani12030286>
- Casanova-Lugo, F., Petit-Aldana, J. and Solorio-Sánchez, J., 2011. Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(1), pp. 133-143. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.08.047>
- Cederberg, C., Berglund, M., Gustavsson, J. and Wallman, M., 2012. *Environmental impacts from livestock production with different animal welfare potentials-a literature review*. SIK report 844. – Göteborg:Institutet för livsmedel och bioteknik. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:944129/FULLTEXT01.pdf>
- Cid, A., and Lerner, A.M., 2023. Local governments as key agents in climate change adaptation: Challenges and opportunities for institutional capacity-building in Mexico. *Climate Policy*, 23(5), pp. 649-661. <https://doi.org/10.1080/14693062.2022.2163972>
- Codling, E.A., Plank, M.J. and Benhamou, S., 2008. Random walk models in biology. *Journal of The Royal Society Interface*, 5(25), pp. 813-834. <https://doi.org/10.1098/rsif.2008.0014>
- De la Fuente, E.B. and Suárez, S.A., 2008. Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. Asociación Argentina de Ecología. *Ecología Austral* 18(3), pp. 239-252.

- https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1373
- El Bilali, H., 2019. The Multi-Level Perspective in Research on Sustainability Transitions in Agriculture and Food Systems: A Systematic Review. *Agriculture*, 9(4), p. 74. <https://doi.org/10.3390/agriculture9040074>
- Erdős, P. and Rényi, A., 1959. On Random Graphs. *Publicationes Mathematicae Debrecen*, 6, 290-297. <https://snap.stanford.edu/class/cs224w-readings/erdos59random.pdf>
- FAO, 2013. *Enfrentado el cambio climático a través de la ganadería*. Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Roma:FAO. www.fao.org/publications.
- FAO, 2018. *Shaping the future of livestock: sustainably, responsibly, efficiently*. The 10th Global Forum for Food and Agriculture (GFFA) Berlin. Rome:FAO.
- Ferguson, B.G., Diemont, S.A.W., Alfaro-Arguello, R., Martin, J.F., Nahed-Toral, J., Álvarez-Solís, D. and Pinto-Ruíz, R., 2013. Sustainability of holistic and conventional cattle ranching in the seasonally dry tropics of Chiapas, Mexico. *Agricultural Systems*, 120, pp. 38-48. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.05.005>
- Flores, M. and Solorio, B., 2012. *Fomento y desarrollo de sistemas silvopastoriles intensivos*. Morelia:Fundación Produce.
- Frantzeskaki, N., Loorbach, D. and Meadowcroft, J., 2012. Governing societal transitions to sustainability. *International Journal of Sustainable Development*, 15(1/2), p. 19-36. <https://doi.org/10.1504/IJSD.2012.044032>
- Geels, F.W., 2006. Multi-Level Perspective on System Innovation: Relevance for Industrial Transformation. En X. Olsthoorn and A. J. Wieczorek (Eds.), *Understanding Industrial Transformation*, 44, pp. 163-186. https://doi.org/10.1007/1-4020-4418-6_9
- Geels, F.W., 2011. The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1(1), pp. 24-40. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.02.002>
- Geels, F.W., 2019. Socio-technical transitions to sustainability: A review of criticisms and elaborations of the Multi-Level Perspective. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 39, pp. 187-201. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.06.009>
- Gligo, N., and Morello, J., 2011. Notas sobre la historia ecológica de América Latina. *Estudios Internacionales*, 13(49), pp. 112-148. <https://doi.org/10.5354/0719-3769.1980.16622>
- Gobierno de Yucatan, 2022 Programas para la ganadería. Mérida:Secretaría de Fomento Económico y Trabajo. https://www.yucatan.gob.mx/ciudadano/ver_programa.php?id=59
- Hagberg, A., Schult D. and Swart P., 2008. Exploring network structure, dynamics, and function using NetworkX. In: Varoquaux G., Vaught T., and Millman J., (eds) *Proceedings of the 7th Python in Science Conference (SciPy2008)*, Pasadena, CA USA. https://conference.scipy.org/proceedings/SciPy2008/paper_2/
- Hodgson, G.M., 2006. What Are Institutions? *Journal of Economic Issues*, 40(1), pp. 1-25. <https://doi.org/10.1080/00213624.2006.11506879>
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R. and Bello-Amez, S., 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), pp.49-61. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Kenny, D.C. and Castilla-Rho, J., 2022. What Prevents the Adoption of Regenerative

- Agriculture and What Can We Do about It? Lessons and Narratives from a Participatory Modelling Exercise in Australia. *Land*, 11(9), p. 1383. <https://doi.org/10.3390/land11091383>
- Marcillo, R.L.G., 2018. La implementación de los Sistemas Silvopastoriles en el Cantón Joya de Los Sachas. *European Scientific Journal*, 14(27), p. 357. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n27.p357>
- Levy, M.A. and Lubell, M.N., 2018. Innovation, cooperation, and the structure of three regional sustainable agriculture networks in California. *Regional Environmental Change*, 18(4), pp. 1235-1246. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1258-6>
- Mahecha, L., 2003. Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 16(1), pp. 11-18. <http://doi.org/10.17533/udea.rccp.323847>
- Marcillo, R.L.G., 2018. Investigación De Las Actitudes De Los Productores Ganaderos En La Implementación De Los Sistemas Silvopastoriles En El Cantón Joya De Los Sachas. *European Scientific Journal*, 14(27), p. 357. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n27.p357>
- Morçöl, G., 2014. Complex Governance Networks: An Assessment of the Advances and Prospects. *Complexity, Governance & Networks*, 1(1), p. 5. <https://doi.org/10.7564/14-CGN5>
- Moser, S. C., Ekstrom, J. A., Kim, J. and Heitsch, S., 2019. Adaptation finance archetypes: local governments' persistent challenges of funding adaptation to climate change and ways to overcome them. *Ecology and Society*, 24(2), p. 28. <https://doi.org/10.5751/ES-10980-240228>
- Murgueitio, E., Cuellar, P., Ibrahim, M., Gobbi, J., Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Zapata, A., Mejía, C.E. and Zuluaga, A.F., 2006. Adopción de Sistemas Agroforestales Pecuarios *Pastos y Forrajes*, 29(4), pp. 365-381. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121676003>
- Patiño, M., Moreira, V., Echeverría, R. and Nahuelhual L., 2009. Factores que determinan la adopción de prácticas de conservación del agua en sistemas ganaderos de la cuenca alta del río Guarinó (Caldas, Colombia). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 2012, 25(1), pp. 46-55. <http://doi.org/10.17533/udea.rccp.324732>
- Mutyasira, V., Hoag, D. and Pendell, D., 2018. The adoption of sustainable agricultural practices by smallholder farmers in Ethiopian highlands: An integrative approach. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1), p. 1552439. <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1552439>
- Ndah, H.T., Schuler, J., Nkwain, V.N., Nzogela, B., Mangesho, W., Mollé, R., Loina, R., Zander, P. and Paul, B.K., 2022. Determinants for Smallholder Farmers' Adoption of Improved Forages in Dairy Production Systems: The Case of Tanga Region, Tanzania. *Agronomy*, 12(2), p. 305. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020305>
- Ortiz, W. and Vilsmaier, U., 2022. Transcending the Locality of Grassroots Initiatives: Diffusion of Sustainability Knowledge and Practice through Transdisciplinary Research. *Sustainability*, 14(19), p.12259. <https://doi.org/10.3390/su141912259>
- Ravera, F., Tarrasón, D., Pastor, P. A. and Grasa, R., 2009. Proceso y métodos de evaluación integrada participativa de degradación en agroecosistemas semiáridos. Un caso de estudio en un área protegida en el trópico seco nicaragüense. *REVIBEC: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 13, pp. 79-99. <https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/164824>
- SEDER, 2023. Dirección de ganadería. Mérida:Secretaría de Desarrollo Rural. <https://desarrollorural.yucatan.gob.mx/secciones/ver/direccion-de-ganaderia>

- Shannon, P., Markiel, A., Ozier, O., Baliga, N.S., Wang, J.T., Ramage, D., Amin, N., Schwikowski, B., Ideker, T., 2003. Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks. *Genome Research*, 13, pp. 2498-2504. <http://doi.org/10.1101/gr.1239303>
- Smajgl, A., Ward, J.R., Foran, T., Dore, J. and Larson, S., 2015. Visions, beliefs, and transformation: Exploring cross-sector and transboundary dynamics in the wider Mekong region. *Ecology and Society*, 20(2). <https://doi.org/10.5751/ES-07421-200215>
- Van Buuren, A. and Loorbach, D., 2009. Policy innovation in isolation?: Conditions for policy renewal by transition arenas and pilot projects. *Public Management Review*, 11(3), pp. 375-392. <https://doi.org/10.1080/14719030902798289>
- Villarroel-Molina, O., De-Pablos-Heredero, C., Rangel, J., Vitale, M.P. and García, A., 2021. Usefulness of Network Analysis to Characterize Technology Leaders in Small Dual-Purpose Cattle Farms in Mexico. *Sustainability*, 13(4), p. 2291. <https://doi.org/10.3390/su13042291>
- Zepeda Cancino, R.M., Velasco Zebadúa, M.E., Nahed Toral, J., Hernández Garay, A. and Martínez Tinajero, J.J., 2016a. Adopción de sistemas silvopastoriles y contexto sociocultural de los productores: Apoyos y limitantes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(4), pp. 471-488. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v7i4.4282>
- Zu Ermgassen, E., Alcântara, M., Balmford, A., Barioni, L., Neto, F., Bettarello, M., Brito, G., Carrero, G., Florence, E., Garcia, E., Gonçalves, E., da Luz, C., Mallman, G., Strassburg, B., Valentim, J. and Latawiec, A., 2018. Results from On-The-Ground Efforts to Promote Sustainable Cattle Ranching in the Brazilian Amazon. *Sustainability*, 10(4), p. 1301. <https://doi.org/10.3390/su10041301>