



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

**INCIDENCIA DE LA ESTRUCTURA INSTITUCIONAL SOBRE LA
IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS SOSTENIBLES PARA LA
PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN EL ESTADO DE YUCATÁN**

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**

PRESENTA:

EUGENIO EIBENSCHUTZ GUTIÉRREZ

TUTOR PRINCIPAL

DR. FRANCISCO GALINDO MALDONADO
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM

COTUTOR

DR. J. MARIO SIQUEIROS GARCÍA
IIMAS UNAM

MIEMBRO DEL COMITÉ

DR. FRANCISCO JAVIER SOLORIO SÁNCHEZ
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UADY

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, OCTUBRE DE 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Graduación con trabajo escrito)**

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción 1, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la Institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado **INCIDENCIA DE LA ESTRUCTURA INSTITUCIONAL SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS SOSTENIBLES PARA LA PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN EL ESTADO DE YUCATÁN** que presenté para obtener el grado de **Doctorado** es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi programa de posgrado, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de graduación.

Atentamente



Eugenio Eibenschutz Gutiérrez

Número de Cuenta: 518013622

Coordinación de Estudios de Posgrado
Ciencias de la Sostenibilidad
Oficio: CGEP /PCS/176/2024
Asunto: Asignación de Jurado

M. en C. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar
Universidad Nacional Autónoma de México
Presente

Me permito informar a usted, que el Comité Académico del Programa de Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, en su sesión 102 del 14 de mayo del presente año, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**, del alumno **Eibenschutz Gutiérrez Eugenio** con número de cuenta **518013622**, con la tesis titulada "Incidencia de la estructura institucional sobre la implementación de prácticas sostenibles para la producción de bovinos en el estado de Yucatán", bajo la dirección del Dr. Francisco Aurelio Galindo Maldonado y el Dr. Jesús Mario Siqueiros García.

PRESIDENTA: DRA. ELENA LAZOS CHAVERO
SECRETARIO: DR. FRANCISCO JAVIER SOLORIO SÁNCHEZ
VOCAL: DRA. CARLA PATRICIA GALÁN GUEVARA
VOCAL: DR. GERARDO SUZÁN AZPIRI
VOCAL: DR. RODRIGO HUERTA QUINTANILLA

Sin más por el momento me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Ciudad. Universitaria, Cd. Mx., 13 de septiembre de 2024.



Dr. Alonso Aguilar Ibarra
Coordinador
Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de estudiar un Doctorado y al programa de Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, su personal académico y administrativo por el trabajo que realiza para atender a los alumnos y asegurar el correcto funcionamiento del posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado mediante la beca de Doctorado.

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) IG201621 por el apoyo otorgado para realizar diversas actividades que permitieron consolidar este trabajo de investigación.

A mi comité tutor:

DR. J. Mario Siqueiros García

DR. Francisco Galindo Maldonado

DR. Javier Solorio Sánchez

Por sus aportaciones al trabajo de investigación, su comprensión, paciencia y apoyo.

A los integrantes del jurado:

PRESIDENTA: DRA. Elena Lazos Chavero

SECRETARIO: DR. Francisco Javier Solorio Sánchez

VOCAL: DRA. Carla Patricia Galán Guevara

VOCAL: DR. Gerardo Suzán Azpiri

VOCAL: DR. Rodrigo Huerta Quintanilla

Por su paciencia con los múltiples laberintos del proceso de titulación, su tiempo, su atención y las aportaciones que hicieron para enriquecer el trabajo final.

A mis padres y hermanas por su inamovible respaldo.

A Itzel por todas las correcciones, aportaciones, pláticas y demás contribuciones intangibles.

A Sabina por inspirarme tanto.

Índice

Resumen.....	1
Introducción	2
<i>Estructura general del trabajo</i>	2
<i>La perspectiva del análisis de redes</i>	2
<i>Temática del presente trabajo</i>	3
<i>El problema central</i>	4
<i>Por qué es importante transformar las prácticas</i>	5
<i>Pregunta de investigación y objetivos.....</i>	6
<i>Aspectos metodológicos generales</i>	6
Fase 1. Entrevistas	9
Fase 2. Conformación de la red	11
Fase 3. Análisis de la información.....	13
Capítulo 1. Ganadería y medioambiente.....	14
1.1. <i>¿La ganadería es en si misma un problema ambiental?</i>	14
1.2. <i>Prácticas sostenibles en la ganadería</i>	15
1.3. <i>Razones para la falta de adopción de prácticas sostenibles</i>	16
<i>El caso de Yucatán.....</i>	18
1.5. <i>Área de estudio</i>	21
Capítulo 2. Literatura sobre ARS aplicado a problemas de sostenibilidad	27
2.1. <i>Método de exploración de la literatura.....</i>	27
2.2. <i>Aportaciones del enfoque de redes</i>	28
2.2.1. Origen	28
2.2.2. Redes desde las ciencias sociales.....	30
2.2.3. Análisis de redes sociales y sostenibilidad.....	31
2.3. <i>Sobre los conceptos clave y la importancia del enfoque</i>	32
2.3.1. Redes sociales e instituciones.....	32
2.3.2. Gobernanza y manejo de recursos naturales	34
2.3.3. Aprendizaje social	37
2.3.4. Adaptación y cambio climático	37
2.3.5. La interdependencia en sistemas socio ecológicos	39
2.3.6. Procesos de influencia	41
2.3.7. Estructura y función de la red.....	42
2.3.8. Discusión.....	46

2.3.9. Conclusiones	48
Capítulo 3. Artículo publicado.....	50
Discusión	65
Conclusión	66
Bibliografía	67

Resumen

El establecimiento de monocultivos de gramíneas, el uso de herbicidas y el sobrepastoreo, han propiciado la deforestación de extensas áreas de vegetación natural, ocasionando graves consecuencias ambientales como la degradación del suelo, la pérdida de la biodiversidad, el brote de enfermedades y la emisión de gases de efecto invernadero. La diferencia entre una ganadería en la que se deteriora el medioambiente de forma progresiva y una ganadería sostenible que permite producir alimentos, generar empleos, conservar la biodiversidad y los servicios ambientales para las futuras generaciones está en las prácticas de manejo que los productores implementan.

Con esto en mente, en el estado de Yucatán se han creado iniciativas desde la academia y organizaciones no gubernamentales para concientizar, capacitar a los productores y difundir prácticas productivas sostenibles. Sin embargo, actualmente, no se percibe un incremento significativo de dichas prácticas que conduzca a la transformación del sector. Si bien es cierto que existen productores que aplican prácticas de ganadería sostenible (PGS), la realidad es que son una minoría apenas visible y ante el complejo escenario ambiental, es urgente encontrar soluciones de gran impacto.

Debido a lo anterior, esta investigación busca una aproximación a escala institucional, partiendo de la idea de que las prácticas productivas son el resultado de una serie de relaciones complejas a diferentes escalas y no únicamente las decisiones aisladas de un productor. La intención es definir qué actores conforman la red de instituciones vinculadas a la ganadería con bovinos, identificar las cualidades estructurales de esta red institucional y comprender como es que las cualidades de esta red influyen en la posibilidad de difundir prácticas sostenibles. Esto contribuirá a diseñar mejores estrategias para la difusión exitosa de PGS.

Palabras clave: Sostenibilidad, Redes institucionales, Innovación, Sistemas socio técnicos.

Introducción

Estructura general del trabajo

El presente trabajo está organizado en tres capítulos, el primero expone de manera general el panorama de la producción pecuaria y el medio ambiente a nivel global para entender el contexto del tema que nos ocupa a nivel local. El segundo capítulo es una revisión acotada de la literatura existente que ha utilizado el análisis de redes para abordar problemas de sostenibilidad. Esto con el fin de contextualizar la perspectiva y el método que se empleó en el presente trabajo. Finalmente, el tercer capítulo está constituido por los resultados obtenidos condensados en un artículo publicado.

La perspectiva del análisis de redes

Como punto de partida, encontramos que los problemas ambientales pueden tener orígenes aparentemente distintos que podrían tratarse de forma aislada, sin embargo, la aproximación congruente con la perspectiva de las ciencias de la sostenibilidad, es analizarlos de forma integral (Spangenberg, 2011). Esta perspectiva amplia requiere herramientas específicas que permitan entender la interacción de los diferentes componentes de un determinado problema como lo son la gente, la economía y la naturaleza (Holling, 2001). Aquí entra el tema de “redes institucionales” y su relación con las prácticas que, desde estas redes, se impulsan.

Si se logra entender las estructuras y relaciones de redes existentes, las partes interesadas pueden identificar oportunidades para desarrollar la colaboración y promover la acción colectiva para mejorar su capacidad de adaptación frente al cambio climático. El trabajo de Ahlström (2019) , Hollway y Koskinen (2016) , entre otros que se abordaran con mayor detalle en el capítulo 2 del presente trabajo, constituyen un ejemplo de la manera en la que se fortalece la capacidad de gobernanza y adaptación al cambio climático, mediante la transformación del entramado institucional.

Esta condición hace a las instituciones vinculadas a temas de ganadería particularmente relevantes para la difusión de innovaciones, como es el caso de los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI). De este modo, se tiene una perspectiva amplia de los diferentes actores involucrados para un propósito concreto que, en este caso, es la producción de bovinos. Esta perspectiva permite intervenir, modificar y rediseñar con herramientas más precisas ciertos aspectos del entramado institucional (Huamaní y Mayta-Tristán, 2010).

Temática del presente trabajo

El trabajo busca identificar cuál es la red de actores institucionales involucrados en temas de ganadería con bovinos en el estado de Yucatán. A partir de esto, establecer las cualidades de la red institucional para posteriormente comprender la relación entre las cualidades de la red institucional y la posibilidad que tiene dicha red para difundir prácticas sostenibles. Esto se hace mediante un análisis de redes sociales (ARS), en donde se evalúan distintos parámetros de las relaciones existentes entre los actores que conforman la red institucional.

El ARS ha sido empleado por autores como Örjan Bodin, Beatrice Crona y Henrik Ernstson (2017) entre otros, para abordar problemas ambientales de forma integral y comprender los sistemas sociales en relación con su entorno natural como un sistema socio-ecológico. Los trabajos de dichos autores resaltan la importancia de las redes en el manejo exitoso de los ecosistemas y permiten contextualizar las capacidades de los diferentes actores para manejar retos ambientales (Bodin y Crona, 2009). El ARS aporta claridad para rediseñar el entramado institucional y mejorar la difusión de información que facilite una transición a la sostenibilidad.

El análisis institucional permite identificar las limitaciones y oportunidades que las instituciones les imponen a las poblaciones a las que regulan. Así, las estructuras particulares que generan las diferentes interacciones en la red pueden facilitar o restringir el comportamiento de los actores y, de este modo, afectar sus propósitos e intereses (Calliari et al., 2019).

Dicho análisis se ordenó mediante los conceptos que propone la Perspectiva multi nivel o (MLP) por sus siglas en inglés. El abordaje desde la MLP permite entender con claridad los roles de los diferentes grupos de actores involucrados en el tema de la ganadería bovina, agrupándolos en las categorías de paisaje, régimen y nicho (Geels, 2006).

El problema central

Es claro que los actores institucionales son centrales para la difusión e implementación de prácticas sostenibles. La reconversión de las prácticas de los productores de bovinos en Yucatán requiere un esfuerzo conjunto por parte de los diferentes actores involucrados. En el caso de la ganadería, los organismos internacionales y los gobiernos nacionales han realizado esfuerzos para promover la implementación de prácticas sostenibles. Tal es el caso de organizaciones como The Nature Conservancy que trabaja en conjunto con productores, gobierno, organizaciones civiles y academia. Dicha institución tiene un programa específico de ganadería silvopastoril para la península de Yucatán, además de apoyar iniciativas diversas provenientes de otras organizaciones como Biopasos y algunos proyectos donde participan grupos de académicos de la UADY como el de redes de innovación territorial RITER (tncmx.org, visitada en marzo 2024)

Es claro que se han realizado diferentes esfuerzos en Yucatán encabezados por distintos actores, principalmente académicos y organizaciones no gubernamentales, para difundir prácticas sostenibles entre los ganaderos. Sin embargo, estos esfuerzos aún no han conducido a una transformación generalizada de las prácticas del sector pecuario en el estado.

Con la finalidad de simplificar el universo de iniciativas, para el presente estudio, se utilizó un caso concreto que ilustra la manera en que opera una iniciativa en su contexto institucional. Así, la iniciativa generada por la Fundación Produce y la UADY, que se realizó con apoyo de SAGARPA en 2011 y 2012, para el fomento y desarrollo de sistemas silvopastoriles intensivos SSPI en Yucatán, no logró una creciente adopción de dichos sistemas de manejo. Según se muestra en el informe de la Fundación Produce sobre el proyecto de establecimiento de SSPI en Yucatán, solo 45 productores iniciaron el programa de SSPI con una superficie de 250 hectáreas (Flores y Solorio, 2011).

Según lo explica en entrevista el Dr. Javier Solorio de estos 45 productores que comenzaron el programa y, después de 9 años de trabajo y seguimiento, solo hay alrededor de 100 productores con SSPI (J. Solorio, comunicación personal, marzo 2021). Esto quiere decir que menos del 1% de los productores del estado realizan dichas prácticas sostenibles, ya que, actualmente, hay 16,387 Unidades de Producción Pecuaria (UPP) con bovinos en Yucatán, de acuerdo con datos del Padrón Ganadero Nacional (PGN). Por esta razón, consideramos que, para lograr dicha transformación con un impacto significativo en los agroecosistemas del estado, resulta indispensable sumar a estos esfuerzos otras acciones a escala institucional a partir de las cuales se articule un plan amplio o una estrategia compartida para lograr la difusión y adopción de nuevas prácticas de producción.

¿Por qué es importante transformar las prácticas?

Si se logra implementar una transformación a gran escala de los sistemas ganaderos convencionales a SSPI, esto permitiría contar con grandes extensiones de tierra en donde se integraría una mayor diversidad de árboles y arbustos, condición que implicaría una serie de beneficios. Por ejemplo: aumento en la producción de carne y leche, disminución de la ocupación de insumos externos, una carga animal por hectárea más alta, reforestación, mitigación de gases de efecto invernadero, disminución de la erosión en el suelo, conservación de fuentes de agua, captura de carbono, retención de suelos, restauración de flora y fauna, entre otros. (Zepeda Cancino et al., 2016). Además, los beneficios antes mencionados se lograrían sin disminuir la productividad económica y la generación de empleo en este sector (Broom et al., 2013).

A mediano plazo, lo anterior contribuirá a la conservación de los servicios ambientales y a la generación de beneficios económicos y sociales (zu Ermgassen et al., 2018). Algunos de los beneficios sociales y económicos derivados de la implementación de SSP son: El aumento en la productividad incrementando el número de actividades productivas como, por ejemplo, la apicultura, ecoturismo, maderables y frutales entre otros. Esta diversificación de las fuentes de ingreso puede generar más empleos que hacen una diferencia en favor de los SSP (Zepeda Cancino et al., 2016).

Los resultados de la investigación aportan un enfoque a escala institucional, para diseñar estrategias que faciliten la difusión de prácticas ganaderas sostenibles, tomando en cuenta las características de las redes institucionales vinculadas a la ganadería. De esta forma, es posible promover una transformación en las prácticas productivas y aportar al incremento de las unidades productivas sostenibles.

Pregunta de investigación y objetivos

¿Cuáles son las características de la red institucional ganadera en Yucatán y cómo influyen en la implementación de iniciativas de ganadería sostenible?

Objetivo general:

Identificar las características de la red institucional ganadera en Yucatán, y comprender la relación entre sus cualidades y la posibilidad que tiene para difundir prácticas sostenibles.

Objetivo específico:

Identificar la estructura de la red institucional ganadera en Yucatán.

Analizar las cualidades de la red institucional ganadera en Yucatán y las posibilidades que dichas cualidades aportan para la difusión de prácticas de ganadería sostenible.

Aspectos metodológicos generales

La necesidad de un abordaje desde otra escala se hace evidente ante los escasos resultados de los esfuerzos focalizados en el productor aislado, ya que hay más de 16,000 unidades de producción pecuaria en el estado de Yucatán, y solo se ha logrado que, aproximadamente, unas 100 implementen prácticas sostenibles con sistemas silvopastoriles.

Las estrategias para iniciar una transformación a gran escala deben incluir a los diferentes actores, entender las necesidades e intereses de cada uno y la forma en que esto afecta a la red de actores en su conjunto. Esto implica fomentar la participación y el consenso para atender los problemas ambientales en su complejidad, sin imponer soluciones lineales desde la academia (Kates et al., 2001; Spangenberg, 2011).

Dentro de esta lógica, se emplea el concepto de sistemas socio-ecológicos (Raufflet, 2000) al describir la relación entre grupos humanos que realizan ciertas prácticas productivas para asegurar su subsistencia. Así, se requiere de un abordaje sistémico que permita incorporar conceptos y metodologías analíticas de múltiples disciplinas *para* generar así un enfoque holístico (Liu et al., 2007). Dentro de este marco teórico-conceptual, se busca integrar conceptos que derivan de una síntesis de la biología, la economía y la ecología entre otras ciencias que dan lugar a la perspectiva de la ecología de sistemas o panarquía como lo plantea Holling (2001)., En este contexto, se aborda el problema de investigación desde los fundamentos teóricos del ARS que, además de ser una herramienta de análisis, es también una teoría social creada para comprender el comportamiento humano a través de las estructuras que generan las interacciones sociales (Freeman, 2014).

La teoría de redes integra diferentes teorías que surgen de diversas disciplinas como la psicología, antropología, la sociología y la teoría de grafos en matemáticas (Barabási & Pósfai, 2016). Su interés central radica en los vínculos que se generan entre los diferentes actores que se encuentran enlazados por algún interés común (Gamper, 2022). De esta manera se generan ciertas estructuras de relaciones que pueden ser analizadas desde diferentes perspectivas teóricas (Gamper, 2022). Así, el interés teórico no está en los atributos de los individuos como podrían ser género, edad o religión, sino en las relaciones que los actores establecen entre sí y las estructuras de red que dichas relaciones van conformando (Gamper, 2022)

La presente investigación propone un análisis de la red institucional ganadera (RIG) como herramienta para aportar claridad sobre el vínculo entre las cualidades de la RIG y la escasa adopción de PGS por parte de los productores de bovinos en el estado de Yucatán. Dicha propuesta se basa en lo que plantean autores como Calliari, Örjan Bodin y Beatrice Crona entre otros que han utilizado el ARS para abordar problemas ambientales de forma integral y comprender los sistemas sociales en relación con su entorno natural como un sistema socio-ecológico. Algunos de los trabajos que han realizado estos y otros autores con planteamientos similares, se analizan con mayor amplitud en el capítulo dos.

Dichos trabajos resaltan la importancia de las redes en el manejo exitoso de los ecosistemas y permiten contextualizar las capacidades de los diferentes actores para manejar retos ambientales (Bodin y Crona, 2009). El ARS permite abordar la complejidad de los sistemas socio-ecológicos y dar respuesta sobre los contextos y las condiciones particulares de los individuos para entender su comportamiento (Bodin y Crona, 2009).

En este sentido, la reconversión de las prácticas ganaderas requiere comprender el contexto institucional en el que se plantean las PGS. El aporte final es facilitar el diseño de nuevas estrategias para la difusión de PGS y, así, contribuir a la conservación de los servicios ambientales y a la generación de beneficios económicos y sociales.

Se empleó la MLP que es un marco para el análisis de procesos de transiciones socio-técnicas en el que se contemplan las transiciones como procesos no lineales que resultan de la interacción de ciertos cambios que se suscitan en tres diferentes niveles analíticos: “Nicho” que es la esfera donde surgen las innovaciones, “Régimen socio-técnico” que es la esfera de las prácticas establecidas con las reglas existentes, y por último el “Paisaje socio-técnico” que es la esfera que engloba las dos anteriores, o en otras palabras es el contexto amplio en el que el nicho y el régimen se desenvuelven (Geels, 2011). El propósito de utilizar el marco de la MLP en el presente trabajo, es ordenar en las categorías de paisaje, régimen o nicho a los diferentes actores involucrados, de acuerdo con sus facultades institucionales en temas de ganadería con bovinos y el papel que desempeñan en la RIG. Dicho orden facilita la identificación de los intereses que mueven a los diferentes actores involucrados, así como el tipo de interacción que se genera entre los mismos.

El proceso de investigación se dividió en tres fases que permitieron recabar información de los actores, visualizar dicha información como una red de relaciones y posteriormente analizar sus características para poder establecer ciertos patrones. Los procesos que se llevaron a cabo en cada una de las fases antes mencionadas se presentan a continuación.

Fase 1. Entrevistas

El primer paso en la investigación se realizó por medio de entrevistas a actores clave identificados por el método de bola de nieve. Se empleó la MLP para ordenar en las categorías de paisaje, régimen o nicho a los diferentes actores involucrados, de acuerdo con sus facultades institucionales en temas de ganadería con bovinos.

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 Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (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 muchos 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 Unión Ganadera Regional de Oriente de Yucatán (UGROY) y 20 a ganaderos afiliados a la Unión Ganadera Regional General de Yucatán (UGRGY).

Existen algunas instituciones que no pudieron ser entrevistadas, por distintos motivos entre los cuales destaca la pandemia de COVID 19. Sin embargo, aparecen en la red porque fueron mencionadas en las entrevistas a otros actores.

A continuación, se presenta una tabla de elaboración propia, en donde se muestran las instituciones en las que fue posible entrevistar a algún funcionario, los periodos de entrevista y el número de entrevistas realizadas a cada institución.

Tabla 1. Periodos de entrevista a instituciones

Inicio	Conclusión	Institución	Cantidad
10/2019	01/2020	UGRGY	20
10/2019	01/2020	UGROY	20
11/2019	05/2020	UADY	3
02/2020	07/2020	FIRA	1
04/2020	09/2020	INIFAP	1
05/2020	11/2020	CEFPPY	1
06/2020	02/2021	SADER	1
09/2020	02/2021	Pronatura	1
09/2020	03/2021	TNC	1
09/2020	03/2021	BioPaSOS	1

Fuente: Elaboración propia.

Esto se realizó por medio de cuestionarios de opción múltiple; las preguntas surgen de una síntesis de las ideas que comúnmente se utilizan como argumentos en contra de los SSP. Dicha síntesis proviene de los resultados de los trabajos de Mahecha (2003), Murgueitio et al. (2006), González (2018) y Zepeda Cancino et al. (2016) entre otros. Así, en el cuestionario se buscó que los entrevistados afirmaran o negaran dichas posturas.

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 SADER, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y Comité Estatal de Fomento y Protección Pecuaria de Yucatán (CEFPPY). Asimismo, se entrevistaron a miembros de organizaciones no gubernamentales como Pronatura TNC. 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 RIG.

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 estas establecen, todo ello, principalmente, por tres diferentes motivos. En primer lugar, se vinculan por temas relacionados con 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 cuestiones 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 solo es posible en un sentido.

El análisis de la estructura 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. También, 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. En ese mismo sentido, 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 para identificar los caminos más largos que puede realizar, ya que estos serán los que presentan un mayor potencial de difundir innovaciones en la RIG. 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 de Erdős y Rényi (1959), esta constituye una herramienta didáctica para el análisis de la RIG permitiendo descartar el hecho de que la RIG es un producto del azar.

Si se habla de un caminante aleatorio, se puede 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 mostrar los trayectos que se repiten con mayor frecuencia.

Fase 3. Análisis de la información

Se realizó una revisión de las interacciones institucionales para comprender cuáles son sus atribuciones legales, cuál es su área de competencia y cuáles son las funciones que debería 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 analizó el ámbito de operación, así como los programas específicos para la ganadería bovina en el estado de Yucatán. Mediante el análisis de la RIG se logró identificar algunos de los parámetros estructurales que la caracterizan y las implicaciones que estos tienen sobre la posibilidad de difundir innovaciones y transformar las practicas productivas convencionales.

Capítulo 1. Ganadería y medioambiente

1.1. ¿La ganadería es en sí misma un problema ambiental?

Si existiera una relación inherente entre las actividades pecuarias y el deterioro ambiental, dicho detrimento tendría que haberse manifestado desde el momento en el que los seres humanos domesticaron animales como una estrategia de supervivencia. Las primeras evidencias arqueológicas sobre la domesticación del ganado datan de hace 8,000 años antes de Cristo (Ajmone-Marsan et al., 2010). Sin embargo, es hasta después de la revolución industrial que se comienza a hablar de un deterioro ambiental ligado a la producción pecuaria (Estenssoro Saavedra, 2007).

Entonces tenemos un largo periodo, de casi diez mil años, en el que los grupos humanos utilizaron diferentes especies animales para asegurar su subsistencia con éxito y sin que esto implicara un problema ambiental. De la revolución industrial a la fecha solo han transcurrido poco más de 180 años y, en éste corto periodo, es claro el deterioro ambiental ligado a los sistemas de producción pecuaria (de la Fuente y Suárez, 2008).

En síntesis, los sistemas ganaderos tienen más de diez mil años de evolución en diferentes regiones del planeta, en contextos culturales diversos, sin que dicha actividad generara un deterioro ambiental como el que se observa actualmente (Ajmone-Marsan et al., 2010). Esto indica que el problema ambiental atribuido a la ganadería está relacionado con los modelos industrializados de producción y no con la domesticación de animales en sí misma. Lo anterior resulta relevante, ya que, para resolver un problema, es necesario hacer un diagnóstico preciso y encontrar soluciones que resulten pertinentes.

Las prácticas industrializadas en los sistemas de producción de alimentos y el crecimiento demográfico han contribuido a generar un deterioro ambiental significativo a nivel global (de la Fuente y Suárez, 2008). No obstante, la gravedad del deterioro ambiental generado por la ganadería destaca, principalmente, por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

Según algunas de las primeras publicaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación sobre este tema, la ganadería genera el 18 % de los GEI a nivel global (FAO, 2006). Publicaciones posteriores de la misma organización, como la titulada *Tackling Climate Change through Livestock* (Gerber et al., 2013), concuerdan con los porcentajes antes mencionados, utilizándolos como base para análisis más minuciosos y proponiendo una perspectiva distinta sobre el tema. Desde este nuevo enfoque, la ganadería permite transformar forrajes sin valor alimenticio para la especie humana en proteínas de alto valor nutritivo; además de ser una actividad estrechamente ligada a la identidad cultural de muchos pueblos alrededor del mundo (Evans-Pritchard, 1940; FAO, 2018).

Según información de la FAO (Gerber et al., 2013), la ganadería aporta el 40 % del valor de la producción agrícola mundial y sostiene a casi 1300 millones de personas. El 70 % de la población rural en condición de pobreza en el mundo se sostiene gracias a los sistemas ganaderos tradicionales (Gerber et al., 2013). Respecto al uso del suelo la ganadería utiliza el 30 % de la superficie terrestre y el 80% de la superficie agrícola total. (FAO, 2018)

Además, se espera que la demanda de productos de origen animal siga creciendo significativamente en los próximos años. Desde el 2013 que se publicó el trabajo de la FAO, al año 2020, se calculaba un aumento de un 70 %. Lo anterior implica que no es realista plantear la desaparición de los sistemas de producción pecuaria como una vía para detener la emisión de GEI. Estos se harán aún más relevantes en el futuro, así como sus posibles impactos en el medio ambiente. Sin embargo, el trabajo que realizó la FAO (Gerber et al., 2013) *“Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería”*, permite afirmar que existen alternativas viables para reducir los impactos negativos de la actividad pecuaria en el medioambiente a través de prácticas sostenibles.

1.2. Prácticas sostenibles en la ganadería

Las prácticas sostenibles pueden incluir diversas estrategias que permiten aprovechar los recursos disponibles integrando la biodiversidad, lo cual, ayuda a producir conservando como lo propone la agroecología (Altieri y Toledo, 2010). Entre estas prácticas se encuentran

la rotación de potreros, las cercas vivas, el reciclaje de nutrientes, los bancos de proteínas y los sistemas silvopastoriles, que consisten en la integración de árboles y arbustos con diferentes acomodos espaciales y distintas finalidades productivas dentro de los sistemas de pastoreo (Murgueitio et al., 2010).

Así, el termino prácticas de ganadería sostenible PGS abarca una amplia gama de estrategias que incluyen, pero no se limitan a los sistemas silvopastoriles SSP y sistemas silvopastoriles intensivos SSPI. El adjetivo intensivo se refiere a la densidad de los árboles y arbustos existentes en el sistema (Murgueitio Restrepo et al., 2016).

Se ha confirmado que los sistemas SSP son más productivos, ya que pueden sostener a un mayor número de animales; no se requieren insumos externos y pueden incluir otro tipo de aprovechamientos simultáneos como lo son especies maderables, frutales, apicultura y eco turismo entre otros, que permiten mayores ingresos para el productor, además de un sistema productivo sostenible y más resiliente (Ku-Vera et al., 2013) (Murgueitio Restrepo et al., 2016).

De esta forma, a través de prácticas sostenibles, la ganadería genera alimentos, empleos directos y derrama económica, además de beneficios a largo plazo para los habitantes de la región derivados de los servicios ecosistémicos (Casanova-Lugo et al., 2016).

1.3. Razones para la falta de adopción de prácticas sostenibles

A pesar de las diferentes posturas o estrategias, es claro que el universo social, que está ligado a los problemas técnicos, económicos y ecológicos, es central para lograr la adopción de prácticas sostenibles (Gavito et al., 2017). Algunos de los factores sociales que intervienen en la adopción de prácticas sostenibles entre los productores de bovinos han sido descritos en trabajos realizados por investigadores sudamericanos cuyas aportaciones se presentan a continuación de manera sintética.

Uno de ellos es el de Mahecha (2003) que identifica algunas limitantes para el desarrollo de SSP en Colombia, como la idea de que la presencia de árboles disminuye el crecimiento del pasto y, por tanto, la cantidad de forraje disponible para el ganado. Por su parte, Murgueitio et al. (2006) buscan identificar los factores que dificultan la adopción de SSP y prácticas sostenibles para la ganadería en Latinoamérica, haciendo un comparativo de las principales prácticas sostenibles que se implementan en la región, como por ejemplo SSP con diferentes arreglos espaciales, el cultivo de algunas especies forrajeras que se asocian bien con las gramíneas entre otras estrategias.

El trabajo antes mencionado, aborda también las dificultades técnicas más comunes, que en algunos casos se relacionan con falta de información técnica, creencias arraigadas y falta de recursos. Por último, menciona las posibles trayectorias para el éxito en la incorporación de prácticas sostenibles. En síntesis, podemos destacar que las problemáticas encontradas por el trabajo antes mencionado y sus posibles soluciones son muy específicas de cada región, clima y circunstancia socioeconómica y por esta razón no pueden extrapolarse a contextos diferentes.

González Marcillo (2018) hizo un trabajo similar al anteriormente mencionado en Ecuador. En dicho trabajo analiza los factores que influyen en las decisiones que toman los productores y los obstáculos para lograr la adopción de sistemas de producción sostenible. Los obstáculos según explica González, son diversos y complejos y se relacionan con creencias arraigadas, desconocimiento técnico y condiciones económicas adversas. En síntesis, el planteamiento para atender la diversidad de obstáculos encontrados, es dialogar con los productores para comprender sus circunstancias particulares, sus intereses y necesidades, para diseñar soluciones específicas.

En México, Zepeda Cancino et al. (2016) abordan las limitaciones de los productores de Mezcalapa, Chiapas, para adoptar SSP, centrándose en cuatro factores: 1.- Personal, que involucra la escolaridad de los productores, su nivel de ingresos y la sensibilidad que puedan tener ante el impacto ambiental de sus prácticas productivas. 2.- Sociocultural, que tiene que ver con la desconfianza de nuevas estrategias y la costumbre de sus viejas prácticas, 3.-

Apoyos gubernamentales, la existencia o carencia de recursos económicos para adquisición de semillas o para pagar mano de obra. 4.- Instituciones académicas que permitan la difusión de conocimientos técnicos innovadores y faciliten la capacitación de los productores.

Aun cuando se ha avanzado mucho en el aspecto técnico de estrategias y prácticas que permitan el aprovechamiento sostenible en diferentes condiciones y sistemas de producción, hay que enfrentar también el problema de lograr su adopción para que existan resultados tangibles. Es decir, se requiere un cúmulo de conocimiento que sea compartido colaborativamente, para que la mayoría de los productores adopte estos nuevos hábitos de producción (Gavito et al., 2017).

El caso de Yucatán

Según información de la SADER, a nivel nacional, el estado de Yucatán ocupa el lugar 22 en la producción ganadera. 82 de los 106 municipios del estado se dedican a la ganadería. Poco más de 80 mil habitantes dependen de la ganadería, la actividad genera 17,000 empleos directos y 35,000 indirectos. (<https://www.gob.mx/agricultura/yucatan.11/10/2021>).

Mediante la observación directa en campo y las entrevistas, se pudo constatar que las uniones ganaderas son representantes de la Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas (CNOG), y a su vez, dichas uniones representan a los productores asociados en las asociaciones ganaderas locales (AGL) que se forman en cada municipio del estado. El rol de las uniones ganaderas, junto con SINIGA, es mantener el registro de los movimientos de ganado por medio de los aretes de identificación, dar el servicio de báscula oficial para las operaciones comerciales y además informar al productor de posibles apoyos, capacitaciones, o cambios en la legislación y en los requisitos logísticos u operativos de los ranchos. Sin embargo, también tienen una función política, pues al agrupar un número significativo de personas, pueden fungir como interlocutores en las negociaciones para la asignación de recursos al sector.

Aunado a esto, se encontró que las instituciones educativas tienen programas propios que son diversos, estos se pueden enmarcar bajo los rubros de investigación, capacitación y difusión de la ciencia. Debido a la pluralidad de perspectivas, intereses y líneas de investigación que integran a la comunidad académica de las distintas universidades, resulta difícil unificar criterios e impulsar iniciativas conjuntas en nombre de la institución. Esto provoca que los resultados de las investigaciones que tienen una aplicación práctica para la productividad, la conservación de la biodiversidad o cualquier otra aportación positiva para el sector, sean impulsados solo por algunos grupos de académicos, lo cual resulta en una difusión limitada. Adicionalmente, al revisar las políticas públicas, se puede observar que están determinadas por una serie de intereses en disputa, y los avances científicos generalmente quedan olvidados ya que no existe un grupo de interés con suficiente peso político, que pueda presionar para impulsar su agenda.

Para comprender de forma sintética el panorama general, encontramos que en México, hay 1,060,853 UPP y un hato reproductivo de más de 23 millones de bovinos (Padrón Ganadero Nacional, 2018). La ganadería ocupa, aproximadamente, la mitad del territorio nacional, y la mitad de esta superficie se encuentra en los trópicos seco y húmedo. En el país existe un gran número de instituciones académicas avocadas al estudio de la ganadería, entre las cuales destacan las siguientes: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad Autónoma de Chapingo (UACH), Colegio de Postgraduados (COLPOS), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), entre otras. Desde estas instituciones se han realizado una gran cantidad de trabajos con diferentes temáticas relacionadas con aspectos técnicos de la producción pecuaria que permiten mejoras en la productividad, la alimentación, la salud y el manejo de los animales (Ku Vera, 2018).

Para el caso que nos ocupa, en el estado de Yucatán hay 16,387 Unidades de Producción Pecuaria (UPP) con bovinos, según datos del Padrón Ganadero Nacional (PGN). Entre estos, existen productores que implementan prácticas sostenibles, aunque son muy pocos. Según se muestra en el informe de la Fundación Produce sobre el proyecto de establecimiento de SSPI en Yucatán, solo 45 productores iniciaron el programa de SSPI con una superficie de 250 hectáreas (Flores y Solorio, 2011).

Así mismo, se han propuesto diferentes métodos para evaluar la sostenibilidad de distintos sistemas de manejo en la producción de bovinos. Pérez-Lombardini (2017) utiliza un marco propuesto por la FAO que se denomina Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA) el cual provee indicadores con un lenguaje común para evaluar sostenibilidad. El trabajo busca identificar fortalezas y debilidades en tres sistemas de manejo: mono cultivo, monte y SSP. Alvarado (2017) emplea un modelo de ecuaciones multivariante (MEE) para caracterizar el desempeño de ciertos servicios ambientales como captación y almacenamiento de agua, almacenamiento de carbono y fertilidad del suelo.

Posteriormente compara dichos indicadores en diferentes sistemas de manejo para el pastoreo que son: monte, monocultivo y SSP. Silva (2016) trabaja con el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) y evalúa los mismos sistemas de manejo que los dos anteriores. En términos generales, los tres trabajos encontraron mejores condiciones en los SSP y sistemas de manejo en monte, lo que confirma la importancia de mantener árboles y arbustos en los sistemas de producción de bovinos para lograr que sean sostenibles.

No se ha explorado a profundidad la relación entre las prácticas productivas y las interacciones sociales de los productores desde el ARS. Sin embargo, hay un trabajo realizado recientemente por Varns et al (2018) auspiciado por The nature conservancy que utiliza el ARS para promover el aprovechamiento sostenible mediante un modelo no lineal para la difusión de innovaciones.

Según lo explica Varns, el modelo consiste en identificar actores en posiciones de centralidad dentro de una red de productores que comparte un territorio determinado, para posteriormente difundir prácticas de restauración y manejo integral de agroecosistemas, formar recursos humanos y fomentar la vinculación de los productores mediante los actores clave en posiciones centrales. El trabajo con dichos actores centrales (líderes) permite generar Redes de Innovación Territorial (RITER) y potenciar los esfuerzos de reconversión hacia la sostenibilidad de las prácticas productivas por regiones (Varns, et al. 2018). Los RITER son plataformas de innovación que favorecen la investigación aplicada con esquemas horizontales que facilitan la comunicación entre productores lo que ayuda a la difusión y adopción de buenas prácticas productivas de productor a productor.

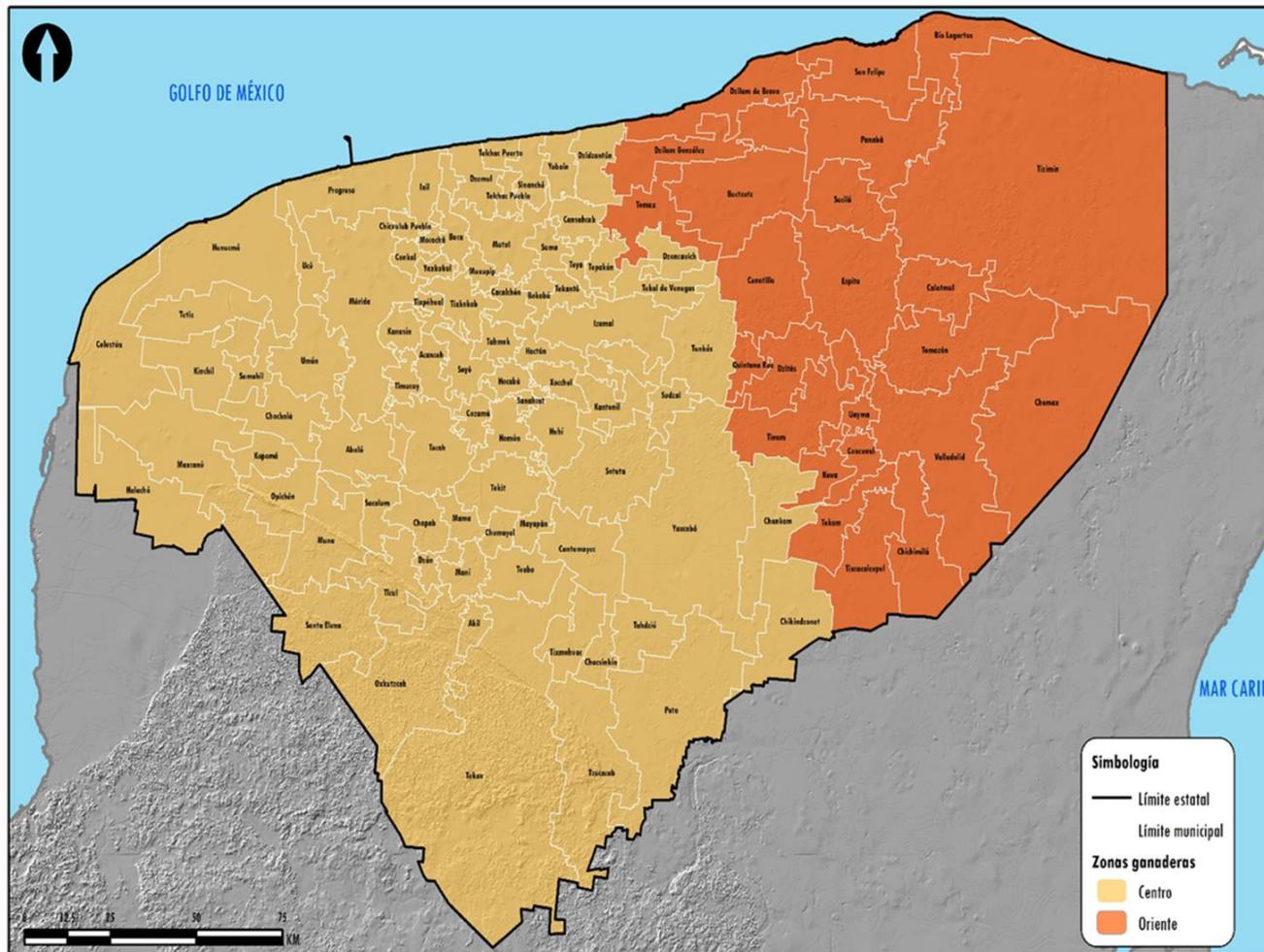
1.5. Área de estudio

A continuación, se presentan 4 mapas de elaboración propia con información de INEGI 2010. El propósito de presentar estos mapas en particular, es contar con la información suficiente para entender el contexto de las condiciones biofísicas, socioeconómicas y de la división política en las que se desarrollan los sistemas productivos en Yucatán.

En el mapa 1 se aprecia la ubicación espacial de las Uniones Ganaderas del estado en relación a la división política. En el mapa 2, el uso de suelo y vegetación que caracteriza al estado. En el mapa 3 el índice de marginación de la población estatal por municipio. Por último, el mapa 4 muestra el tipo de producción pecuaria por municipio.

El área de estudio está definida por los límites del estado de Yucatán, la zona oriente del estado destaca en la producción de bovinos. Sin embargo, hay productores en todas las regiones del estado. Las dos uniones ganaderas del estado (UGROY en Tizimín y UGRGY Mérida) representan a la mayoría de los productores, dividiendo el mapa de los municipios del estado en productores de oriente y productores del centro-sur (Ver mapa 1).

Mapa 1. Zonas ganaderas por municipios agrupados en las Uniones Ganaderas de oriente y centro



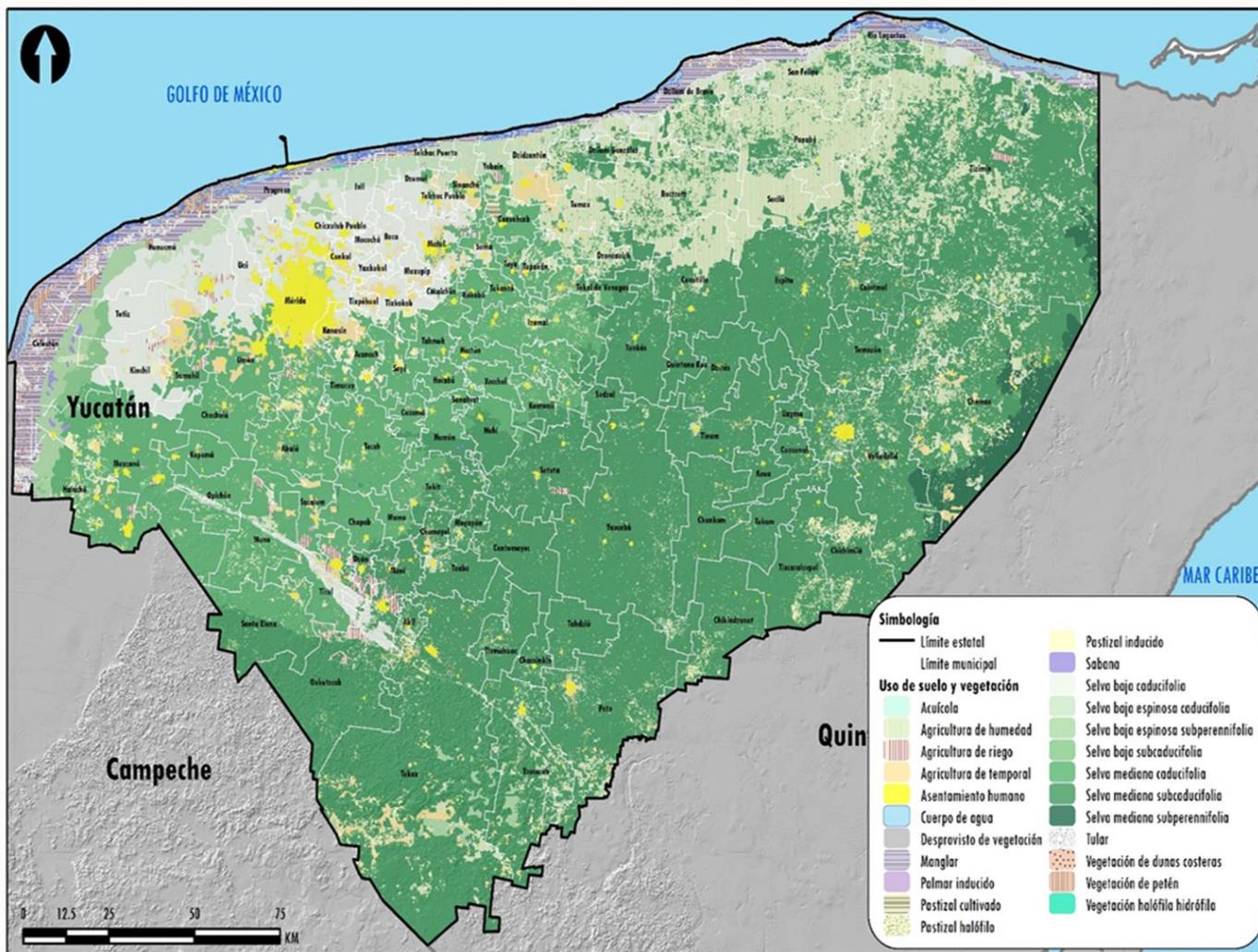
Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI 2010.

Así, se puede entender la dinámica de las interacciones institucionales en relación con el territorio y con la forma en que se hacen los intercambios de información, conocimientos técnicos, insumos y recursos económicos entre los productores de bovinos en el estado de Yucatán. En las siguientes líneas se presentan algunos datos relevantes para caracterizar el contexto general del área de estudio. El estado de Yucatán cuenta con una superficie de 39,524 km² que representa el 2.02 % del territorio nacional. Se localiza en el sureste del país. El clima es cálido subhúmedo, seco y semiseco, principalmente, con una temperatura media anual de 26 grados centígrados, y una precipitación anual promedio de 1,100 mm (INEGI, 2016).

El uso de suelo se divide, fundamentalmente, en urbano, agrícola, pecuario, selva, pastizal, sabana, palmar, tular y manglar (Ver mapa 2). La población total es de 2, 097, 175 personas, el 1.8% del total del país; de las cuales, el 51 % son mujeres y el 49 % hombres. La distribución de la población es de 84 % urbana y 16 % rural. La capital es Mérida, el estado tiene 106 municipios, 29 de cada 100 personas son hablantes de lengua indígena. Yucatán aporta el 1.5 % del PIB nacional (INEGI, 2016) (Ver mapa 3). El sistema de manejo predominante es el pastoreo durante todo el año en pasturas mejoradas de pasto Guinea *panicum máximum* y pasto Estrella *Cynodon plectostachyus*, además de una alimentación suplementaria durante la época de sequía (Rodríguez-Vivas et al., 2006).

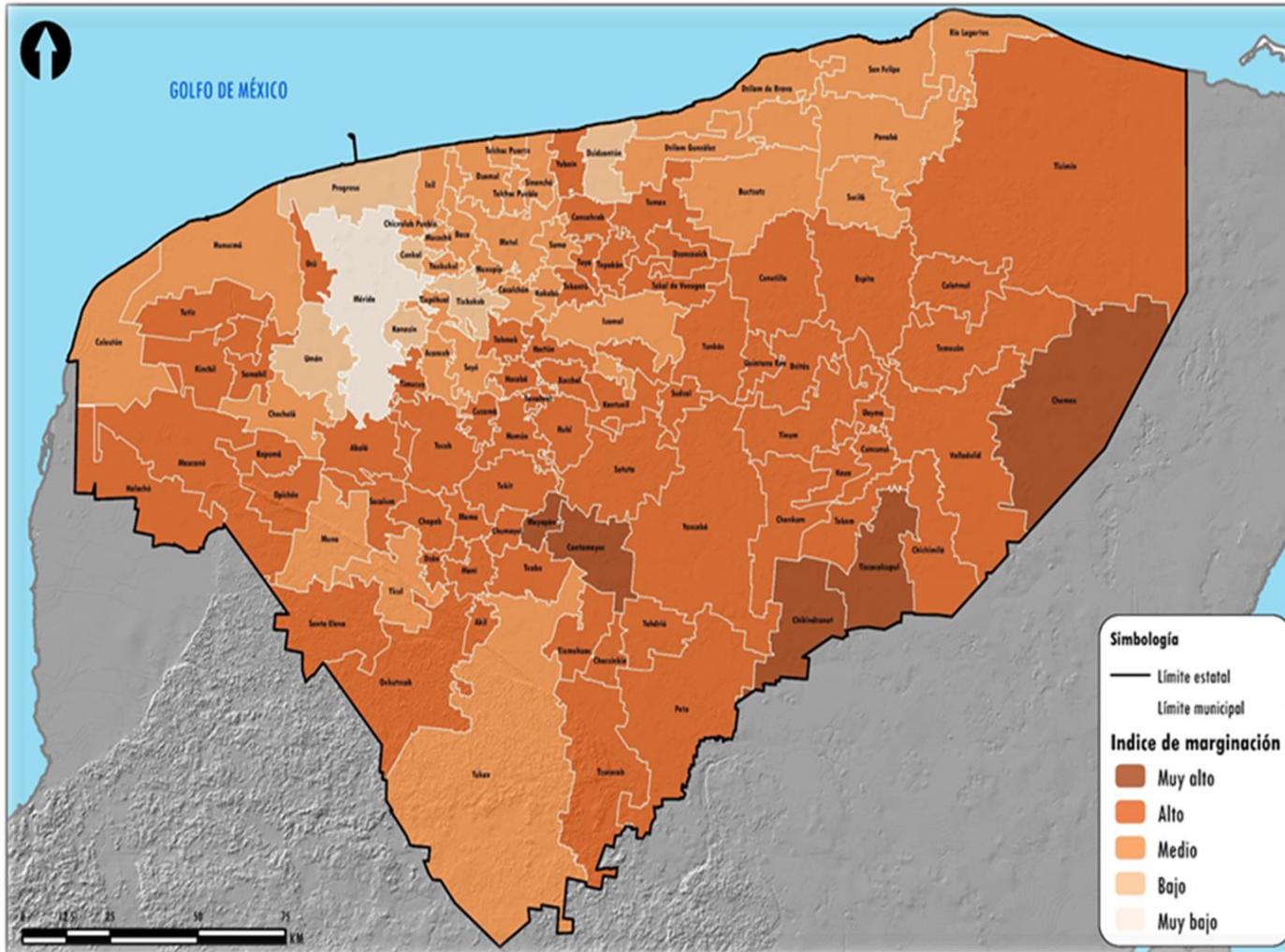
Los municipios con mayor producción de bovinos en el estado son Tizimin, Panabá y Buctzotz. Existe una diversidad de objetivos en las diferentes unidades de producción, aunque los más comunes son, en primer lugar, la producción de carne, generalmente, en sistemas de pastoreo, aunque también hay engordas en menor medida. En segundo lugar, la producción de leche en pocos municipios como Sucila y Panaba. Por último, la comercialización de animales con un valor genético superior, así como animales de lidia (Ver mapa 4). Yucatán no destaca por el volumen de su producción de ganado bovino, sin embargo, es una actividad que ha permeado en los ritos y festejos de los distintos poblados del estado donde se celebran festividades que involucran al ganado bovino y se conocen, comúnmente, como vaquerías (Quintal Avilés, 1993).

Mapa 2. Uso de suelo y vegetación



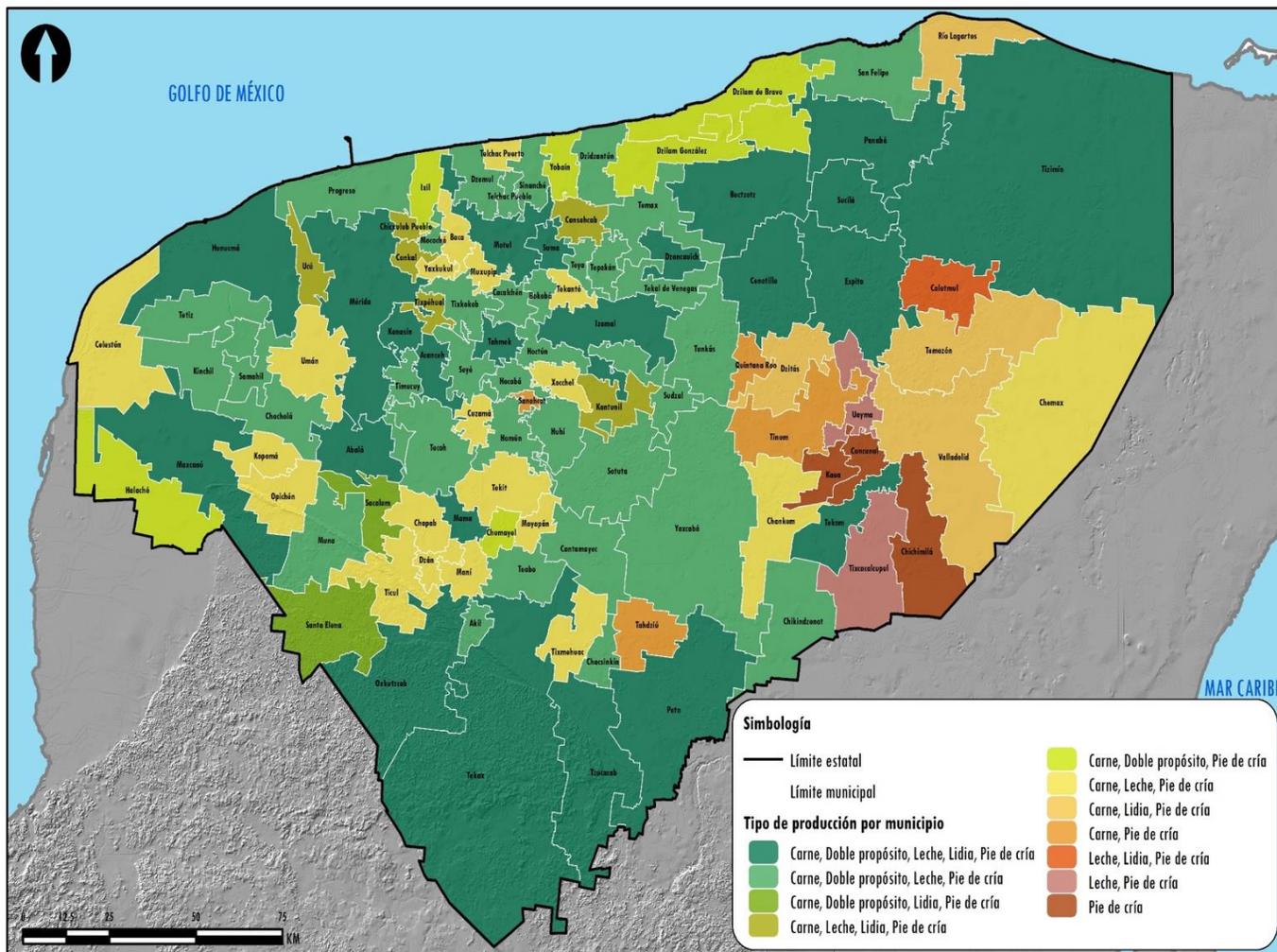
Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI 2010.

Mapa 3. Índice de marginación



Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI 2010.

Mapa 4. Tipos de producción por municipio



Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI 2010.

Capítulo 2. Literatura sobre ARS aplicado a problemas de sostenibilidad

2.1. Método de exploración de la literatura

Este capítulo es una revisión acotada de la literatura que utiliza el ARS para abordar temas de sostenibilidad. El propósito es contar con un marco de referencia que permita identificar que tipo de investigaciones se han realizado en un determinado periodo de tiempo, con ciertos criterios de búsqueda, y en donde se sitúa la presente investigación en relación con otros trabajos que utilizan el ARS para un fin similar.

Para presentar una revisión práctica de la literatura relacionada con los temas de ARS y sostenibilidad, el presente trabajo retoma el método que utilizan Galway et al. (2019) el cual permite acotar la inspección de literatura con categorías específicas. Así, se busca identificar y clasificar trabajos académicos que aborden y den respuesta a tres cuestionamientos centrales que se describen a continuación:

- ¿Cuál es la importancia del análisis de redes institucionales en la literatura sobre sostenibilidad?
- ¿Qué tipo de relación se da entre la estructura de las redes institucionales y las prácticas de los diferentes actores involucrados?
- ¿Cómo se describe el vínculo entre la estructura de la red institucional y la sostenibilidad?

Retomando el criterio de Galway et al. (2019) antes mencionado, se realizó una búsqueda de los trabajos científicos publicados a partir del año 2000 a la fecha, que utilizan el análisis de redes institucionales en temas de sostenibilidad y ofrecen soluciones a las preguntas planteadas líneas arriba. Posteriormente, se efectuó la exploración en *web of science* con los siguientes criterios de búsqueda:

- Análisis de redes institucionales y sostenibilidad.
- Análisis de redes sociales, sostenibilidad e instituciones.

Así, se llevó a cabo un análisis de la literatura respondiendo a los criterios de selección previamente definidos. No se trata de una exploración exhaustiva; el propósito es clasificar y sintetizar el material obtenido que resulte relevante para tener un contexto.

La revisión está organizada de la siguiente manera:

- En la primera parte se detallan algunos de los antecedentes del enfoque del análisis de redes, la forma en que la sociología y la antropología utilizan este enfoque y, finalmente, se describe en términos generales la manera en la que se desarrolló el ARS como un elemento de gran relevancia inter y transdisciplinario para comprender los fenómenos ambientales.
- En el segundo apartado, se explican algunos conceptos clave y la importancia del enfoque de redes. A partir de la revisión, se busca destacar la trascendencia del análisis institucional y presentar cómo se hace y qué aporta un análisis de redes. Adicionalmente, se presentan los puntos clave de cada uno de los trabajos clasificados en los siguientes temas: Gobernanza, manejo de recursos naturales, aprendizaje social, adaptación al cambio climático, políticas públicas, sistemas socio ecológicos, procesos de influencia, estructura y el funcionamiento de la red. Todos estos elementos tienen como eje el ARS, pero algunos trabajos le dan más énfasis a un aspecto particular con el fin de cubrir los objetivos de cada investigación específica.
- El tercer apartado es la discusión y pretende contrastar las diferentes posturas para ubicar con mayor claridad las perspectivas, métodos y los posibles resultados que cada trabajo aporta.
- Finalmente, en el cuarto apartado se exponen las conclusiones que condensan los aportes de la revisión para el desarrollo de futuras investigaciones.

2.2. Aportaciones del enfoque de redes

2.2.1. Origen

El análisis de redes tiene raíces en distintas disciplinas, por tanto, su origen exacto es difícil de determinar. Generalmente, se menciona a la teoría de grafos y, en particular, el trabajo de Leonard Euler en 1735 sobre los puentes de Königsberg como el punto inicial del ARS (citado en Núñez Valdés et al., 2004); sin embargo, lo que se conoce actualmente como ciencia de redes,

aunque utiliza ciertos fundamentos de la teoría de grafos, según autores como Barabási y Pósfai (2016), posee una perspectiva distinta y está compuesta por diversas aportaciones de otras disciplinas. Estos autores explican que el concepto de redes sociales ya era utilizado por los sociólogos tiempo atrás y que el punto clave para el surgimiento de lo que, en la actualidad, se conoce como ciencia de redes se dio gracias a la tecnología.

Concretamente, fue gracias a la capacidad de las computadoras para procesar grandes cantidades de datos, lo cual, permitió explorar sistemas reales que anteriormente resultaban demasiado complejos para intentar analizarlos. Barabási (1996) publica su primer artículo en 1996, Watts y Strogatz (1998) publican su artículo sobre redes de mundo pequeño dos años después y, a partir del año 2000, el número de artículos que utilizan el análisis de redes sociales aumentó de manera ostensible. El ARS —como un desarrollo en paralelo de Análisis de Redes y con el que ha ido convergiendo— es una herramienta que permite medir las interacciones entre individuos, grupos, organizaciones y sociedades (Cárdenas, 2016).

No obstante, es también una teoría social que busca comprender la estructura social, teniendo como objeto de interés las interacciones entre los actores (que pueden ser personas, hogares, objetos, instituciones, empresas, etc.). El planteamiento central de esta teoría es que el comportamiento de los componentes de una red se explica por las interacciones entre estos. La representación de las estructuras en términos de interacciones permite una aproximación matemática para diseccionar, de forma sistemática y rigurosa, los datos que expresan relaciones entre actores (Cárdenas, 2016).

Las mediciones matemáticas pueden tener cierto valor explicativo en sí mismas, pero cobran un sentido profundo cuando se interpretan desde la teoría social. De hecho, según lo explica Newman (2010), la sociología tiene la tradición más larga y mejor desarrollada para el estudio de redes en el mundo real y muchas de las herramientas matemáticas se tomaron prestadas directamente de los sociólogos.

2.2.2. Redes desde las ciencias sociales

Los primeros sociólogos, como Durkheim y Simmel a fines del siglo XIX, ya hablaban de la importancia de identificar los patrones de relaciones que permitían conectar a los actores sociales. En la antropología, las descripciones gráficas de las relaciones de parentesco que se realizaron en diferentes trabajos etnográficos —como los de Morgan en el siglo XIX y Malinowski en 1920— podrían ser consideradas formas incipientes del análisis de redes. Radcliffe-Brown jugó un papel importante impulsando el ARS en los años 1930. En 1954 John Barnes, desde la antropología de la escuela de Manchester, subrayó el peso de las redes sociales para comprender el comportamiento de los habitantes de una isla en Noruega y publicó uno de los primeros trabajos científicos en utilizar el término de redes sociales (Cárdenas, 2016).

Es así que muchos autores se involucraron en el desarrollo del ARS desde sus campos de estudio específico. Las instituciones han sido piezas importantes para entender la configuración cultural de una sociedad, siendo objeto de estudio antropológico en trabajos como los de Mary Douglas (1986) y ocupando un lugar central en los trabajos de sociólogos como Durkheim (1997). El concepto de redes sociales fue empleado por los científicos sociales desde el siglo XX y, posteriormente, las ciencias computacionales permitieron disponer de poderosas herramientas para el análisis de datos, facilitando con ello una amplia gama de posibilidades (Lozano Pérez, 2006).

La teoría social que ayudó a crear el ARS se formó gracias a las aportaciones de autores como Jacob Moreno en la psicología, quien en 1916 comenzó a desarrollar un método que se denominó sociometría al percatarse del peso de las relaciones sociales en el comportamiento de los individuos representándolas mediante nodos y líneas. De esta manera, la perspectiva del ARS se desarrolló desde múltiples disciplinas en distintas universidades y en numerosos países (Freeman, 2014).

2.2.3. Análisis de redes sociales y sostenibilidad

En el contexto de los problemas ambientales contemporáneos que dieron origen a las ciencias de la sostenibilidad, el ARS está adquiriendo un papel central, ya que permite un acercamiento inter y transdisciplinario desde una óptica integral para comprender problemas ambientales que, por su complejidad, no pueden ser entendidos con nitidez desde una sola disciplina. Existen estudios que tienen la facultad de enlazar la estructura de las relaciones sociales con los procesos de gobernanza para la producción sostenible y son ejemplo de la aplicación del ARS en la comprensión y resolución de problemas ambientales.

Con dicho enfoque, se clasifican las investigaciones de Bodin y Prell (2011), Bodin et al. (2017) y Galaz et al. (2014); sobre arrecifes de coral está Barnes et al. (2019); con grupos de pescadores se tiene a Alexander et al. (2018); desde el manejo integrado de cuencas con Mancilla et al. (2019) y acerca de la adaptación y transformación en sistemas socio ecológicos en Barnes et al. (2017). El propósito común para los trabajos antes mencionados es hacer investigación desde la inter y transdisciplina en sistemas socio ecológicos, para facilitar soluciones y alternativas de gobernanza, así como prácticas de manejo que aseguren el aprovechamiento sostenible.

Autores como Örjan Bodin, Beatrice Crona y Jesse Sayles, entre otros, se han valido del ARS para aproximarse a problemas socio ambientales de forma integral y concebir los sistemas sociales en relación con su entorno natural como un sistema socio ecológico. Sus trabajos resaltan la importancia de las redes para la producción sostenible y permiten contextualizar las capacidades de los diferentes actores para manejar retos ambientales (Bodin y Crona, 2009).

También, se han escrito trabajos de investigación orientados a resolver problemas concretos de los productores agropecuarios, como el de Wood et al. (2014), quienes proponen nuevas estrategias en la difusión del conocimiento entre los productores del campo, pues los métodos lineales del extensionismo no están dando resultado a la hora de comunicar la innovación científica y tecnológica al productor. Para enmendar los obstáculos, efectúan un ARS con la intención de asimilar la forma en que los productores comparten sus problemas y sus conocimientos, cómo es que discuten temas de ciencia y con quién. Así, buscan identificar a los actores en quienes confían los productores como fuente de información; lo anterior con la finalidad de difundir con mayor eficiencia el conocimiento.

Bajo esta misma lógica, Goetz et al. (2010) construyeron un manual diseñado específicamente para que los extensionistas en EUA puedan realizar ARS en las comunidades campesinas como parte de su estrategia de difusión del conocimiento científico y tecnológico. Esto resulta interesante porque muestra la relevancia del ARS como herramienta para la difusión de conocimientos y prácticas innovadoras para la producción agrícola y pecuaria.

Por todo lo expuesto, es claro que el ARS constituye un marco teórico viable, tanto para el tratamiento de dilemas ambientales complejos que ayuden a discernir las interacciones de los sistemas socio ecológicos, como para zanjar cuestiones pragmáticas de implementación de políticas públicas y difusión del conocimiento científico.

2.3. Sobre los conceptos clave y la importancia del enfoque

2.3.1. Redes sociales e instituciones

Cuando se habla de instituciones, se puede referir a un organismo público o privado que desempeña una función específica dentro de un marco legal y que permite ordenar la acción de diferentes individuos para un mismo fin común. Se puede entender a las instituciones como sistemas que, a su vez, se articulan con otros sistemas para lograr objetivos comunes (Hodgson, 2006). En consecuencia, el análisis institucional resulta central porque permite identificar las limitaciones y oportunidades que estas les impone a las poblaciones a las que someten o regulan, así como para entender la naturaleza misma de las instituciones como sistema. Así, una vez terminado el diagnóstico, se generan mejores estrategias para lograr los objetivos comunes.

¿Qué son las instituciones? Las instituciones son un sistema de reglas sociales establecidas que permiten estructurar las interacciones sociales. Dichas interacciones se dan en un marco de acuerdos y reglas preestablecidas, siendo precisamente estas reglas las que van conformando a las instituciones (Hodgson, 2006). Paralelamente a la existencia de estructuras y reglas, existe la legitimidad —que les otorga fuerza.

En resumen, una institución es un agrupamiento social legitimado (Douglas, 1986). En tal tesitura, el matrimonio, la familia, el lenguaje, la educación o las prácticas productivas en una sociedad determinada son moldeados por las reglas que las gobiernan y, que después, derivan en instituciones (Hodgson, 2006).

Dichas instituciones pueden ser formales, las cuales, dependen de leyes tangibles e instituciones informales que tienen que ver con valores y tradiciones (Ostrom, 2009). ¿Por qué es relevante el análisis institucional? Las instituciones representan reglas sociales duraderas que le dan estructura a las interacciones sociales a todos los niveles (Hodgson, 2006).

Por lo tanto, el análisis institucional permite entender la manera en que las estructuras institucionales influyen en el comportamiento de los individuos y sus prácticas. Wasserman y Faust (1994) afirman que las interacciones que acontecen en una red, producen estructuras que pueden considerarse como particulares. Estas delimitan la forma de comportarse de los actores, así como modifican sus intereses (Wasserman y Faust, 1994).

En este sentido, se ha podido comprobar que las redes sociales tienen una función esencial para estimular la colaboración entre diferentes grupos de interés al respaldar la creación y difusión de conocimiento, información y recursos entre los actores. Las redes sociales fortalecen el compromiso de respetar reglas comunes, lo que suaviza los conflictos entre actores e intereses diversos (Bodin y Crona, 2009).

¿Qué trabajos similares se han realizado y qué aportan en el área de Ciencias de la Sostenibilidad? Existe una gran variedad de trabajos de investigación que utilizan el análisis de redes sociales a escala institucional. Las aproximaciones son diversas, pero gran parte de estos trabajos están relacionados con los temas de gobernanza y el manejo de recursos naturales, el aprendizaje social, la adaptación y el cambio climático, las políticas públicas, las interdependencias en sistemas socio ecológicos, los procesos de influencia, la estructura y el funcionamiento de la red, las creencias y el capital social.

2.3.2. Gobernanza y manejo de recursos naturales

En esta sección el análisis de redes se utiliza para abordar problemas de gobernanza y su relación con la manera en la que distintos grupos humanos implementan estrategias para asegurar su subsistencia. En otras palabras, evaluar la calidad, legitimidad y eficiencia de las estrategias conjuntas para enfrentar problemas de sostenibilidad. Los trabajos de Bodin y Crona (2009) son los que cumplen con todos los criterios de la búsqueda y presentan una clara intención por comprender sistemas socio ecológicos mediante el ARS. Los autores son investigadores de la Universidad de Estocolmo (Suecia), pertenecen al *Stockholm Resilience Centre* y tienen una larga trayectoria utilizando el ARS como herramienta de análisis en temas de sostenibilidad y sistemas socio ecológicos.

Los trabajos de Bodin y Crona aportan ejemplos concretos de cómo se integran los temas ambientales con las problemáticas sociales. Además, permiten identificar cómo es que las estructuras de las redes influyen en las capacidades de los actores para responder a las dificultades y producir de forma sostenible. En su trabajo, Bodin y Crona (2009) explican que las estructuras de las redes que analizaron no presentan una tendencia positiva monotónica; es decir, que una característica positiva puede resultar negativa si se exagera. Por ejemplo, pocas conexiones impiden el trabajo conjunto, pero demasiadas conexiones también pueden hacer más complicada la organización.

Entonces, la clave está en mantener el mayor número de características de la red en su punto óptimo, pero al tratarse de sistemas socio ecológicos que, finalmente, son sistemas complejos, el punto óptimo depende de muchos factores y, por esta razón, no es posible establecer de antemano un punto óptimo universal.

En el trabajo de Bodin y Crona (2009) los resultados muestran una clara y fuerte relación entre *ciertos actores con características de liderazgo* en la red de intercambio de instrumentos de pesca y la difusión de nuevas prácticas. Lo anterior sustenta la idea de que sí existen los líderes de opinión. Estos líderes de opinión tendrían una capacidad desproporcionada de hacer que la comunidad realice ciertas prácticas, en contraste con una estructura que permita la participación horizontal de diferentes actores en la toma de decisiones.

Con el sustento de la información recabada, los investigadores exploran hipótesis sobre la forma en que las redes sociales podrían ayudar a identificar agentes de cambio en las comunidades. Bodin (2017) subraya que muchos de los problemas ambientales surgen simultáneamente a escala global y local, por lo que es necesario contar con trabajos de investigación que contemplen esta condición. Propone que, para dar solución a los problemas ambientales, funciona mejor la colaboración y la creación de redes, que el comando y el control.

El autor plantea que es esencial desarrollar una comprensión de los efectos que las redes sociales tienen sobre la gestión de los recursos naturales. Señala que las redes horizontales resultan más efectivas para enfrentar problemas complejos e incluso perversos, que las redes jerárquicas. Sin embargo, el simple hecho de que exista colaboración entre actores no necesariamente resuelve los problemas de gobernanza y manejo de recursos naturales. La efectividad de las colaboraciones tiene que analizarse con relación a los problemas que se busca resolver (Bodin, 2017).

Por su parte, Bodin et al. (2019) proponen utilizar los enfoques de red para conceptualizar y analizar los complejos patrones de interdependencias socio ecológicas que enlazan a las personas y los ecosistemas; esto como una solución prometedora para alcanzar una gobernanza ambiental eficaz y sostenible. Se busca sentar las bases para un diseño de investigación que facilite las comparaciones entre los estudios de caso que asumen un enfoque de redes socio ecológicas.

Tales consideraciones también muestran su utilidad para ayudar a los investigadores a elaborar algunas decisiones críticas en la definición del objeto de estudio. Bodin y Crona (2009) mantienen una perspectiva transdisciplinaria para abordar sistemas complejos con herramientas innovadoras como el análisis de redes y la modelación basada en agentes. Así, el resultado de su trabajo sirve de fundamento para profundizar en el estudio de sistemas socio ecológicos desde el análisis de redes.

Otro de los trabajos que se enfocan en temas de gobernanza es el de James Hollway, quien es un académico de la Universidad de Ginebra, Suiza. El autor se especializa en temas de gobernanza, instituciones y relaciones internacionales, además de análisis de redes sociales. Hollway y Koskinen (2016) realizan un análisis de redes sociales con organizaciones para la gobernanza de pesquerías, tratando de comprender la interdependencia en las múltiples capas de actores involucrados a nivel global.

Se preguntan sobre la manera en que los nodos se agrupan, en otras palabras, cómo es que los nodos forman *clústers*. El resultado de este trabajo es que los vínculos en una estructura multinivel influyen en la forma en la que se manifiesta el agrupamiento.

Por otra parte, el trabajo realizado por Falayi et al. (2020), se centra en identificar continuidades y/o discontinuidades de conexiones multiactor y multinivel en un espacio transformador. Ellos demostraron que la proporción de los lazos fuertes aumentaron gradualmente y se incrementaron de modo paulatino con el tiempo en tres redes de gobernanza, de acuerdo con los datos obtenidos. Con todo, los vínculos multinivel entre el municipio local y las organizaciones locales permanecieron débiles como efecto de la ausencia de confianza y fatiga colaborativa.

Por un lado, el espacio transformador ha hecho posible mejorar la colaboración e intercambio de conocimientos entre organizaciones locales e investigadores; por el otro, es menester un mayor compromiso a largo plazo con las agencias gubernamentales para promover transformaciones institucionales y la construcción de la resiliencia de la red en sistemas de gobernanza policéntricos complejos.

Ahlström (2019) centra su investigación en el desarrollo sustentable, negocios y finanzas sustentables, resiliencia socio ecológica, límites planetarios y gobernanza ambiental global, entre otros, en la Real Academia Sueca de la Ciencia. En su trabajo identifica y evalúa la interconectividad entre instrumentos legislativos, dentro y entre empresas de la Unión Europea (UE), y el derecho del mercado financiero.

La autora hace un análisis reflexivo de la gobernanza de la financiación empresarial en las empresas y la ley del mercado financiero, distinguiendo "puntos críticos de políticas" susceptibles de estimular el compromiso de la UE con el desarrollo sostenible. Concluye que la sostenibilidad sigue siendo un asunto periférico dentro de la legislación de la UE sobre los mercados financieros y empresariales, además de advertirse una ausencia de integración sistemática (Ahlström, 2019).

2.3.3. Aprendizaje social

El aprendizaje social tiene que ver con observación y repetición de modelos, no se relaciona directamente con sostenibilidad, instituciones o ARS. Sin embargo, los trabajos que abordan el aprendizaje y comparten los criterios de búsqueda preestablecidos, para el presente trabajo, utilizan el ARS para resolver problemas ambientales desde una perspectiva de sostenibilidad. Aquí se describe el aprendizaje social desde el ARS, esto permite mapear el aprendizaje vinculado a las estructuras que facilitan la organización y el uso de tecnología.

Autores como Matous y Todo (2018), académicos de la Universidad de Waseda, en Tokyo, Japón y de la Universidad de Sidney, en Australia, respectivamente, presentan un artículo sobre el aprendizaje social en los productores agrícolas. Mencionan que este se puede impulsar con pequeñas intervenciones y que las regiones que tienen mayor presión poblacional y un historial más largo de degradación son las más receptivas a la implementación de nuevos conocimientos. Uno de los hallazgos más relevantes es que las redes más amplias, que van más allá de los grupos familiares y los poblados, tienden a facilitar el cambio y la adopción de mejores prácticas (Matous y Todo, 2018).

2.3.4. Adaptación y cambio climático

Las medidas de adaptación al cambio climático tienen que ver con disminuir los impactos, las vulnerabilidades e incrementar la resiliencia del sistema. Para los fines del presente trabajo, el punto crucial es el abordaje de este tema desde el ARS. Uno de los trabajos que arrojan los criterios utilizados es el artículo de Barnes et al. (2017). El texto busca definir las características estructurales que favorecen la adaptación y transformación efectivas en sistemas socio ecológicos. El marco teórico que proponen podría ayudar a diseñar las relaciones institucionales para que estas sean más efectivas al enfrentar el cambio.

Utilizan una aproximación estocástica y multinivel que denominan ERGM que es una ilustración empírica de un modelo aleatorio multinivel y un análisis de frecuencias. El resultado de los dos análisis concuerda. Dos de los tres bloques constitutivos asociados con estructuras socio ecológicas favorables fueron positivos y el tercero negativo. Con esta evidencia, los autores sostienen que estos modelos permiten identificar cuáles actores deberían de estar involucrados en qué parte de la organización para favorecer un mejor manejo de los ecosistemas. La aportación de

esta metodología está en la comparación de diferentes modelos para establecer conclusiones generales en su comportamiento estructural (Barnes et al., 2017).

Un tema que está relacionado estrechamente con la adaptación es la construcción de capacidades. El trabajo de Bhagavan y Virgin (2004) es un análisis de los aspectos y procesos vinculados con la construcción de capacidades institucionales y presenta el ejemplo concreto de algunos países. Describe cómo se construyen capacidades institucionales de forma sostenible y desglosa los diferentes aspectos que contribuyen a esta construcción de capacidades.

Otros autores, como Bharwani et al. (2013), proponen la metodología “MEDIATION” que financió la Comisión Europea FP7 para probar diferentes metodologías que permiten transitar de la teoría a la práctica en las capacidades de adaptación. El proyecto “MEDIATION” evalúa las fortalezas y debilidades de las diferentes aproximaciones a la adaptación.

Los autores han analizado la literatura existente, así como los estudios de caso para definir las fortalezas y debilidades del análisis de redes sociales. El trabajo permite identificar los casos en que el análisis de redes sociales es útil para temas de adaptación. También, consiste en deliberar qué datos y recursos son necesarios para lograr un correcto funcionamiento del análisis de redes. Se propone que las barreras a la adaptación son parte de procesos socio institucionales, que son revelados y negociados mediante el análisis de redes sociales.

Las redes con capacidad adaptativa pueden ser descritas formalmente y eso funciona como una guía de los resultados que podrían arrojar las diferentes configuraciones. Por lo tanto, las transformaciones que permiten la adaptación implican cambios en las redes de actores y nuevos arreglos institucionales (Bharwani et al., 2013).

El trabajo de Grothmann et al. (2013) se enfoca en la evaluación de las capacidades de adaptación de las instituciones al cambio climático utilizando la Rueda de Capacidad Adaptativa (ACW, por sus siglas en inglés de *Adaptive Capacity Wheel*), la cual, fue propuesta por Gupta et al. (2010). Esta rueda permite valorar si las instituciones están diseñadas para estimular la capacidad adaptativa de la sociedad. Así, presenta las seis dimensiones siguientes: variedad, capacidad de aprendizaje, espacio para cambio autónomo, liderazgo, disponibilidad de recursos y gobernanza justa. Los investigadores amplían la ACW en dos dimensiones —motivación de adaptación y creencia de adaptación— con la finalidad de incluir factores psicológicos relevantes.

La motivación de adaptación alude a la motivación de los actores para realizar, apoyar y/o promover la adaptación al clima; por su parte, la creencia de adaptación se refiere a la percepción de los actores sobre la viabilidad y eficacia de las medidas de adaptación (Gupta et al., 2010). La seguridad alimentaria es un resultado de la capacidad adaptativa.

El artículo de Comoé (2013) se enfoca en la seguridad alimentaria y la manera en que el cambio climático plantea problemas a los pequeños agricultores que requieren respuestas inmediatas, pero, al mismo tiempo, efectivas y viables —habida cuenta de las dificultades adicionales que enfrentan los agricultores en países en vías de desarrollo como la pobreza o el bajo nivel de innovación técnica, etc.

Así pues, el trabajo pretende contribuir a implementar estrategias de adaptación por parte de los agricultores, comparando dichas estrategias en diferentes contextos e investigando cómo gestionan las amenazas los agricultores y qué percepción tienen del cambio climático. Por lo que corresponde, tanto al tipo de condiciones institucionales que rodean a los agricultores a nivel local y nacional, como a las redes establecidas y qué fortalezas y debilidades presentan, las inquietudes fueron respondidas a través de un análisis de redes sociales (ARS) con actores del sector agrícola cercanos a los agricultores. Los hallazgos en dos poblados de Costa de Marfil revelaron que, en uno de ellos, Toumodi, la estructura de la red era fuertemente dependiente de un actor principal, mientras que, en el otro poblado, Korhogo, apareció un grupo de actores diversos (Comoé, 2013). Dicho hallazgo describe cualidades de la red de actores y permite identificar con claridad las fortalezas y debilidades.

2.3.5. La interdependencia en sistemas socio ecológicos

Como resultado de los criterios de búsqueda surgieron tres trabajos que abordan sistemas socio ecológicos. En la investigación de Bodin y Tengö (2012) se propone un nuevo marco teórico que permite abordar cuantitativamente la interdependencia entre lo social y lo ecológico. Así, los autores presentan una nueva propuesta para abordar problemas relacionados con redes complejas. El marco permite identificar y formalizar diferentes maneras en las que la naturaleza y la sociedad son interdependientes.

La utilidad del marco que se presenta es el fundamento para un lenguaje interdisciplinario; puede utilizarse en conjunto con otros marcos teóricos y a cualquier escala, sin importar cuán pequeño o grande sea el sistema que se pretende estudiar. Además, hace posible obtener resultados cuantitativos con una metodología rigurosa. Este marco teórico se aplicó en un caso concreto en Madagascar.

Por otra parte, en el artículo de Thiel, Muluken Elias Adamseged y C. Baake (2015), se plantea el objetivo de comprender la forma en que se ha aplicado el Socio-Ecological Systems Framework SESF de Elinor Ostrom. Con este fin, se realizó un metaanálisis para reevaluar sistemáticamente las investigaciones existentes. Los autores evalúan la aplicación de una herramienta de investigación específica: el marco de sistemas socio ecológicos de Ostrom (SESF, por sus siglas en inglés), que busca proporcionar una base para la elaboración institucional en el contexto de los sistemas socio ecológicos (SES por sus siglas en inglés Socio-Ecological Systems).

También se examinó la aplicación del marco al análisis empírico, así como un conjunto de criterios convencionales para valorar la investigación. Mediante dicho proceso se llegó a la conclusión de que el SESF ofrece la posibilidad de construir instituciones sensibles a su contexto porque ayuda a determinar las condiciones bajo las cuales las explicaciones y las teorías específicas para el desempeño de SES pueden ser válidas.

Por último, Ryan Wong (2019) presenta un análisis con el objetivo de revelar cómo las redes dentro de una estructura jerárquica facilitan la integración de políticas. El autor utiliza el Marco de Análisis y Desarrollo Institucional (IAD) para estructurar los datos de entrevistas y documentos y, así, ayudar con la identificación de temas en torno a la función de redes. En este análisis se considera que la red y la jerarquía institucional se influyen mutuamente en formas que requieren equilibrio para optimizar los procesos de integración. Cuando la red de actores se atora en un debate interminable, los coordinadores pueden forzar los consensos gracias a la jerarquía. Por lo tanto, la jerarquía da dirección, imprime dinamismo y toma decisiones mientras el mercado provee diferentes ideas de políticas y elimina las malas propuestas.

2.3.6. Procesos de influencia

La influencia dentro del contexto del ARS se identifica mediante los conceptos de conectividad y prestigio, que funcionan como facilitadores para determinar procesos de influencia. Los criterios de búsqueda arrojaron los trabajos de De la Mora (2015), Valente (2012) y Hwang et al. (2016). En estos se expresan la relación entre la estructura de la red, el desempeño de las instituciones, las capacidades organizacionales y la difusión de conocimientos mediante procesos de influencia.

En el trabajo “Redes sociales y Áreas Naturales Protegidas en la Zona Metropolitana de Nuevo León” de Gabriela de la Mora (2015) se registra la densidad de las redes relacionadas con la administración de áreas naturales protegidas en Monterrey. En sus resultados plantea que las redes de las instituciones federales están más interconectadas que las redes de las instituciones locales, ya que estas últimas no integran a toda la diversidad de actores involucrados. Sin embargo, el hecho de que tengan pocas conexiones, no necesariamente implica que estas son menos relevantes para incentivar procesos de cambio. Un ejemplo de lo anterior es el valor del estudio de las redes personales de pocas conexiones, conocido también como el poder de los vínculos débiles (Granovetter, 1983).

Thomas W. Valente (2012) describe el proceso de utilizar datos de redes sociales para acelerar el cambio del comportamiento o mejorar el desempeño organizacional. Las comunicaciones electrónicas (redes sociales, correo electrónico, mensajes de texto, etc.) permiten medidas discretas a gran escala de redes sociales junto con el cambio de comportamiento. El trabajo plantea que la influencia de la red social puede constituir una palanca para acelerar los procesos de cambio. Esta aseveración resulta relevante en el contexto institucional porque las instituciones son básicamente organizaciones sociales que se ven afectadas o influenciadas por las redes sociales que las integran. El trabajo no aborda directamente problemas de sostenibilidad, sin embargo, marca la pauta para intervenir y generar cambios en las estructuras organizacionales a partir de la estructura de la red y esto se puede aplicar a cualquier tipo de problema.

El trabajo de Hwang et al. (2016) explora la influencia de la estructura relacional de una comunidad sobre la acción colectiva comunitaria asociada con el turismo. Empleando análisis de redes sociales y entrevistas, se examinó la estructura de la red y acciones colectivas comunitarias en dos comunidades en la isla de Jeju, Corea del Sur. El enfoque estructural de la acción colectiva en el turismo contribuyó a ampliar el conocimiento de la dinámica del proceso a través del cual cada individuo forma sus propios comportamientos hacia los impactos del turismo. La relevancia de ese trabajo, para los criterios de la presente revisión, radica en su análisis de redes sobre la influencia de la acción colectiva en los impactos del turismo y en la conformación de diferentes formas de organización social.

2.3.7. Estructura y función de la red

Existe una relación entre la estructura de la red y su funcionalidad o, en otras palabras, las cualidades que la red manifiesta derivadas de su estructura, por ejemplo, la capacidad de una red determinada para difundir información, organizarse de manera eficiente y resolver dificultades. Bodin et al. (2017) describen el nexo entre las características estructurales de la red y su función en la gestión sostenible de las actividades productivas. Identifican 6 características que resultan fundamentales para el manejo adaptativo de los ecosistemas: memoria social, heterogeneidad, redundancia, aprendizaje, capacidad de adaptación y confianza. Describen también las medidas estructurales de la red que se pueden vincular con las características relevantes antes mencionadas y su función. Los autores sostienen que es esencial desarrollar una comprensión de los efectos que las diferentes características estructurales de las redes sociales tienen sobre la gestión sostenible de las actividades productivas.

El trabajo de Calliari et al. (2019) es el único con este perfil que se ha llevado a cabo en México. El propósito en él es distinguir las conexiones existentes en la red de instituciones vinculadas a los problemas del agua y cómo las interacciones institucionales influyen en el correcto desempeño de sus objetivos. Se observa la influencia de las redes institucionales en la adecuada consecución de sus metas. Se examina la importancia de las redes sociales para la gobernanza colaborativa en la adaptación al cambio climático. Posteriormente, se presenta el estudio de caso y la metodología empleada para evaluar la naturaleza y la fuerza de la conexión entre las organizaciones formales que se ocupan del cambio climático y la adaptación / reducción del riesgo de desastres (ACC/RRD) en el sitio.

Se emplea un enfoque de método mixto para evaluar los vínculos que conectan organizaciones formales y la conexión entre organizaciones formales y comunidades costeras locales. El documento concluye con una discusión sobre la aplicabilidad del ARS en la detección de las limitaciones de colaboración para la adaptación y elaboración de estrategias para superar las problemáticas (Calliari et al., 2019). A continuación, en la tabla 1 se presenta una síntesis de los trabajos más destacados en términos de los criterios de búsqueda de la presente revisión.

Tabla 2. Síntesis de trabajos relevantes en la revisión

Autores	Temas	Métodos	Aportes
Hermann Daisy N'nhon Comoé (2013).	Seguridad alimentaria, adaptación y cambio climático.	Encuestas, entrevistas y grupos de enfoque. En el análisis de los datos fueron usados el análisis de componentes principales (PCA) y el ARS.	Proporciona información sobre el comportamiento de adaptación de los agricultores para hacer frente a amenazas como el cambio climático. La política agrícola debe incorporar los problemas del cambio climático en las estrategias de desarrollo.
Hanna Ahlström (2019).	Gobernanza (legislación sobre mercados financieros y empresariales de la Unión Europea y sostenibilidad).	Análisis de redes sociales y entrevistas semiestructuradas. Análisis estructural de los procesos institucionales.	Existen políticas que tienen el potencial de evolucionar hacia una reorganización en donde el principio de sostenibilidad sea tomado en cuenta.
James Hollway y Koskinen Johan (2016).	Gobernanza y análisis de redes sociales.	Análisis de redes sociales con organizaciones para la gobernanza de pesquerías.	Mostrar que los vínculos en una estructura multinivel influyen en la forma en la que se manifiesta el agrupamiento.

Autores	Temas	Métodos	Aportes
T. Grothmann, K. Grecksch, M. Wings y B. Siebenhüner (2013).	Evaluación de las capacidades de adaptación de las instituciones al cambio climático.	Método de análisis cualitativo (Mayring, 2008) tomando la Rueda de Capacidad Adaptativa ampliada.	En la planificación espacial regional la baja motivación de adaptación constituye una barrera importante para la adaptación.
Örjan Bodin y Beatrice Crona (2009).	Gobernanza y manejo de recursos naturales (sostenibilidad y sistemas socio ecológicos).	Utilizan herramientas innovadoras como el ARS y la modelación basada en agentes.	De qué manera las estructuras de las redes influyen en las capacidades de los actores para responder a las dificultades. Sirve de fundamento para profundizar en el estudio de sistemas socio ecológicos desde el análisis de redes.
Menelisi Falayi, James Gambiza y Michael Schoon (2020).	Gobernanza y manejo de recursos naturales.	Se midió la evolución de los vínculos multiactor y multinivel en los sistemas de gobernanza por conducto del ARS. Encuesta, talleres participativos y entrevistas.	Es necesario un mayor compromiso a largo plazo con las agencias gubernamentales para promover transformaciones institucionales y la construcción de la resiliencia de la red en sistemas de gobernanza policéntricos complejos.
Joyeeta Gupta et al. (2010).	Adaptación y cambio climático.	Se empleó la Rueda de Capacidad Adaptativa como herramienta analítica para evaluar la capacidad de adaptación de las instituciones.	Puede ayudar a académicos y actores sociales a evaluar si las instituciones estimulan la capacidad de adaptación de la sociedad para responder al cambio climático.

Autores	Temas	Métodos	Aportes
Petr Matous y Yasuyuki Todo (2018).	Aprendizaje social.	ARS para analizar el comportamiento de diferentes grupos de campesinos ante nuevas prácticas.	El análisis demostró que las redes extendidas conducen a un sistema más versátil de conocimientos que facilita la gestión adaptativa.
Barnes, et al., (2017).	Adaptación y cambio climático (sistemas socio ecológicos).	Utilizan una herramienta denominada ERGM, que es una ilustración empírica de un modelo aleatorio multinivel y un análisis de frecuencias.	Permiten identificar cuáles actores deberían estar involucrados y en qué parte de la organización, para favorecer un mejor manejo de los ecosistemas. Comparación de diferentes modelos para establecer conclusiones generales en su comportamiento estructural.
Elisa Calliari et al., (2019).	Gobernanza, redes sociales e instituciones.	Un análisis de redes sociales para evaluar la fuerza y la naturaleza de los vínculos entre las organizaciones formales y miembros de la comunidad.	Como herramienta descriptiva, el ARS mapea la arquitectura relacional del sistema. La aplicación del análisis de redes mostró cómo se pueden elaborar soluciones basadas en su potencial descriptivo y de diagnóstico.
Ö. Bodin et al., (2019).	Gobernanza y manejo de recursos naturales (sostenibilidad).	Se siguió un enfoque de redes socio ecológicas, concentrando el análisis en estudios de caso.	Permite simplificar los contrastes entre los estudios de caso que adoptan un enfoque de redes socio ecológicas. Facilitar a los investigadores algunas decisiones críticas en la definición del objeto de estudio.

Autores	Temas	Métodos	Aportes
Kenichiro Onitsuka y Satoshi Hoshino (2018).	Redes intercomunitarias de líderes rurales y personas clave.	Se empleó un análisis de redes sociales y un cuestionario. Se hizo una tabla de matriz usando las respuestas.	Plantean que las redes todavía están limitadas por la distancia geográfica. La importancia de la comunicación uno a uno y la necesidad de ampliar las redes mediante herramientas de telecomunicación.
Andreas Thiel, Muluken Elias Adamseged y C. Baake (2015).	Sistemas socio ecológicos.	Valorar las investigaciones existentes sobre el marco de sistemas socio ecológicos de Ostrom (SESF).	En todos los casos, la aplicación del SESF tuvo un mal desempeño en términos de coherencia, uso y medición de categorías.
Ryan Wong (2019).	Sistemas socio ecológicos.	Se empleó el Marco de Análisis y Desarrollo Institucional (IAD)	El concepto de <i>Network Within Hierarchy</i> , que es novedoso y único en la literatura sobre integración de políticas. La red y la jerarquía se influyen mutuamente en formas que requieren equilibrio para optimizar los procesos de integración.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.8. Discusión

Los resultados muestran algunas de las diferentes posibilidades y aplicaciones que ofrece el ARS. Entre los textos cotejados no se encontraron posturas contrarias, los distintos intereses y objetivos fueron configurando rutas alternas que culminaron en aportaciones singulares. Como se mencionó párrafos arriba, los temas están interconectados, pues en todos los casos se involucra la

estructura de la red y los efectos que la misma tiene en múltiples esferas como la gobernanza, la adaptación, los procesos de influencia y los análisis de sistemas socio ecológicos en los que se clasificaron los textos revisados.

En consecuencia, no se pudo detectar una línea de investigación específica sobre el papel de las redes institucionales en la difusión de prácticas sostenibles. Si bien los trabajos comparten la perspectiva de redes, lo cierto es que el interés más frecuente se centra en la gobernanza y la adaptación al cambio climático. Es claro que la propagación de prácticas sostenibles mediante las estructuras institucionales guarda relación con los procesos de gobernanza y adaptación.

No obstante, con excepción del trabajo de Calliari et al. (2019), el tema concreto que explora el vínculo entre las estructuras institucionales y las prácticas individuales no se toca plenamente. Sin embargo, sí hay autores como James Hollway y Koskinen (2016), Barnes et al. (2017) y Bodin y Crona (2009) que consideran relevante comprender las consecuencias que las redes sociales tienen sobre las practicas productivas.

Con la información recabada por medio de la presente revisión, se pueden responder las preguntas planteadas al inicio del texto de la siguiente manera:

¿Cuál es la importancia del análisis de redes institucionales en la literatura sobre sostenibilidad? Hasta donde se pudo corroborar con la información recabada por medio de los artículos que respondieron a los criterios de búsqueda, no hay una línea de investigación específica con un modo definido que aborde el papel de las redes institucionales en los temas de sostenibilidad. Desde luego, existen autores como Elinor Ostrom (1990) que han realizado esfuerzos por comprender a las instituciones y su relación con el ideal de sostenibilidad. Sin embargo, sus trabajos no parten de una perspectiva de redes. Por lo tanto, para este interrogante la respuesta concreta es que no hay suficiente literatura que responda a los criterios de la búsqueda y que aborde concretamente las redes institucionales y su relación con los problemas de sostenibilidad como un tema de investigación específico.

¿Qué tipo de relación se da entre la estructura de las redes institucionales y las prácticas de los diferentes actores involucrados? Esta relación se analiza en algunos de los trabajos revisados, como, por ejemplo, Matous y Todo (2018), Barnes, et al. (2017), Calliari et al. (2019) y Bodin et al. (2019). Las redes con capacidad adaptativa pueden ser descritas formalmente y esto permite

identificar las características que la hacen funcional para cumplir un fin específico. Pese a esto, hay que recordar que las características que hacen funcional a una red en concreto pueden no ser adecuadas para otra, pues la complejidad de cada red hace imposible diseñar estructuras ideales en abstracto. Esto implica que la relación entre la estructura de las redes institucionales y las prácticas de los diferentes actores involucrados en un tema específico no presentan una relación lineal. Se trata de relaciones complejas que se encuentran en constante transformación y que tienen que ser analizadas en su especificidad.

¿Cómo se describe el vínculo entre la estructura de la red institucional y la sostenibilidad?

Sobre este punto, los criterios de búsqueda arrojaron un mayor número de resultados. Aquí se encontró que buena parte de los dilemas ambientales se manifiestan simultáneamente a nivel local y global; que las respuestas a estos son más eficaces a través de la colaboración y la creación de redes, que, por conducto del comando y el control centralizado, y que las redes horizontales funcionan mejor para resolver obstáculos complejos, que aquellas de carácter jerárquico. La sostenibilidad puede ser entendida como un ideal de bienestar que necesariamente interdependiente, Por este motivo el ARS aporta un panorama amplio que permite observar las tensiones y antagonismos que se presentan en la consecución del ideal de la sostenibilidad.

2.3.9. Conclusiones

A la luz de todo lo que aquí se ha analizado, es claro que el ARS posee un enorme potencial para abordar problemas de sostenibilidad. Debe hacerse hincapié en que no existen leyes absolutas a través de las cuales podamos operar una manipulación de las estructuras de redes para conseguir los resultados deseados. Todos los estudios son únicos debido a que las variables en interacción son numerosas y lo que funciona para un caso podría no valer para otro.

Esto significa que los diferentes trabajos, aunque comparten ciertos rasgos, son únicos en su especificidad, por lo que no se percibe una postura concreta que en atención a sus resultados constituya un modelo preciso para ser replicado de forma universal. Cada autor o grupo de autores experimenta con una pluralidad de perspectivas, poniendo especial atención en aspectos distintos dentro de las posibilidades que ofrece el ARS.

Por estas razones, no fue posible encontrar un eje consolidado sobre el papel de las redes institucionales en la propagación de prácticas sostenibles. Sin embargo, el balance tras la búsqueda en las lecturas descritas nos provee algunas conclusiones.

Los trabajos cotejados exhibieron una multiplicidad de problemas de investigación y enfoques diversos con relación al ARS. Esto hizo evidente la flexibilidad con la que el ARS puede ser empleado eficazmente en temas de sostenibilidad. Al agrupar los trabajos en grandes bloques temáticos se buscó señalar sus similitudes, sin embargo, aún dentro de estos grupos existen aproximaciones diversas. Algunos de los hallazgos que surgen al contrastar los trabajos analizados, nos permiten concluir que efectivamente las instituciones influyen en los problemas de gobernanza, adaptación al cambio climático y la implementación de prácticas sostenibles. Simultáneamente, se identificaron ejemplos de la influencia de las instituciones en el comportamiento de los individuos, como se describe en los trabajos de Barnes, *et al.*, (2017) Petr Matous y Yasuyuki Todo (2018). Esto nos permitió establecer, desde los diferentes enfoques, que las instituciones funcionan como agentes facilitadores o como obstáculos al momento de diseminar y promover nuevas prácticas.

Capítulo 3. Artículo publicado

Tropical and Subtropical Agroecosystems 27 (2024): Art. No. 030

Eibenschutz Gutiérrez et al., 2024



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

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

²Facultad 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

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

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

⁵Cinvestav 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/tsaes.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 interrupciones 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

Pecuarias (INIFAP) y Comité Estatal Para el Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Yucatán (CEFPY). 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.

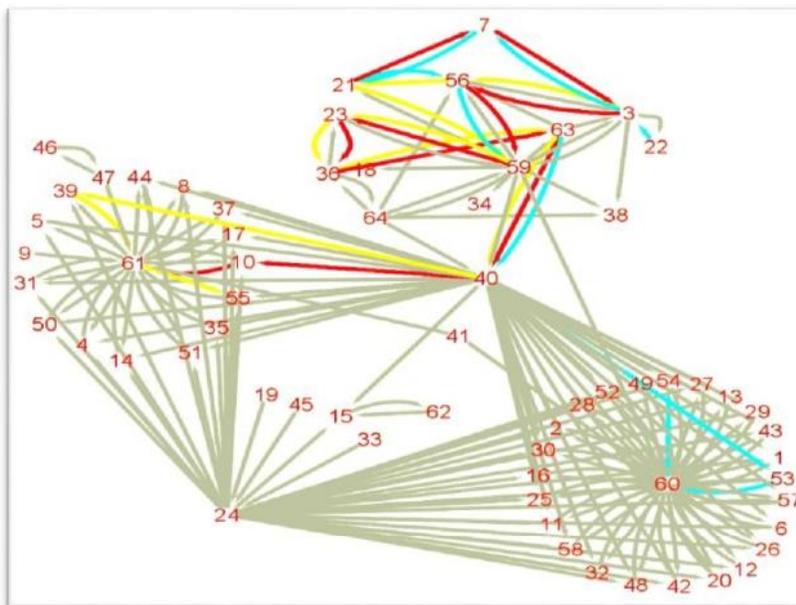


Figura 1. Representación gráfica de la RIG. Los 3 caminos más largos se resaltan en color amarillo, rojo y azul.

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	Sukame	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	Tzacacab		
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	Coefficiente 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 construye 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-Ruiz, 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*, 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 Guarínó (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., Mollel, 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>

Discusión

En Yucatán, de acuerdo con la información obtenida, apenas un poco más del 1 % del total de las UPP registradas en el estado se encuentran trabajando actualmente con SSP. Ante esta situación, es claro que, si el objetivo final es detener el deterioro ambiental y regenerar los ecosistemas ganaderos, el 1 % de las UPP no es suficiente. A pesar de esto, encontramos que solo el 5 % de los entrevistados respondieron que la ganadería implica un problema ambiental y el 100 % de los productores entrevistados considera que es posible una ganadería sostenible.

A partir de este panorama, consideramos que el hecho de que los productores crean en la posibilidad de lograr una ganadería sostenible es significativo, pues es una condición necesaria para instaurar nuevas prácticas que puedan conducir a la meta de la sostenibilidad. El desafío se encuentra en el método para conducir a todo el sector a una transformación de sus prácticas productivas y encausar esta apertura que muestra la mayoría de los productores entrevistados para lograr una ganadería sostenible. Aquí es donde cobra relevancia un cambio de escala en el abordaje del problema y se hace necesario entender las redes que conforman los actores involucrados.

Desde esta nueva perspectiva, la reconversión de las prácticas productivas a la sostenibilidad no depende solo de los productores que continúan con ciertas prácticas nocivas para el medioambiente. La dificultad se encuentra en la perspectiva estrecha de todo el régimen sociotécnico que se centra en producir dinero y no en producir bienestar, (empleo, alimento, equilibrio ecológico) por otra parte, la dificultad consiste también en la falta de participación de todos los actores involucrados para construir estrategias que aseguren la viabilidad ambiental y económica de este sector productivo a largo plazo. Para esto, el diseño de las facultades institucionales, las políticas públicas y la estructura de las interacciones entre los distintos actores institucionales tendría que estar concebida para transitar a este ideal de sostenibilidad.

Conclusión

La información obtenida en esta investigación permite afirmar que existe apertura por parte de los productores a un cambio en las estrategias productivas que pueda conducir a la sostenibilidad. Sabemos que entre más grande sea la superficie bajo un manejo sostenible implementando prácticas como los SSP, mayor será el beneficio ambiental derivado de estas prácticas.

El trabajo muestra cómo es que los vínculos entre los diferentes actores involucrados en la red tienen que tomarse en cuenta si se busca generar un cambio en el sistema. Ilustrar las cualidades de la RIG con un fundamento formal, aporta una base para fortalecer el diseño de las estrategias para promover una transformación de las prácticas productivas. El análisis de las cualidades de la red y la simulación del caminante aleatorio, muestran la falta de cohesión en la red, la casi nula capacidad que tiene un productor aislado de incidir en la transformación de las condiciones estructurales que determinan la permanencia de ciertas prácticas que son reproducidas y fomentadas a gran escala.

Las grandes empresas comercializadoras se observan aisladas y casi impermeables a las iniciativas de transformación de las prácticas productivas. Los sectores que promueven la transformación con iniciativas como los SSP, son la academia y las organizaciones no gubernamentales que en algunos casos cuentan con el respaldo de instituciones de gobierno. Sin embargo, utilizando las categorías de la perspectiva multinivel, podemos observar que el paisaje sociotécnico y el régimen, que en este caso serían la industria agroalimentaria global y local, están enfocados en incrementar su capital económico y no en producir alimentos con un ideal de sostenibilidad.

Esta situación hace evidente la necesidad de comprender las diferentes escalas del problema y las posibilidades diferenciadas que presentan los distintos actores con base en las características de su posición particular en la red. La difusión de nuevas prácticas sostenibles, como los SSPI implica la transformación de las relaciones o cualidades estructurales de la RIG. La fuerza de difusión de la red institucional es mayor que la de cualquier actor aislado, en consecuencia, trabajar con la red institucional facilita el diseño de estrategias exitosas.

Bibliografía

- Ahlström, H. (2019). Policy Hotspots for Sustainability: Changes in the EU Regulation of Sustainable Business and Finance. *Sustainability*, 11(2), 499. <https://doi.org/10.3390/su11020499>
- Ajmone-Marsan, P., Garcia, J. F., y Lenstra, J. A. (2010). On the origin of cattle: How aurochs became cattle and colonized the world. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 19(4), 148-157. <https://doi.org/10.1002/evan.20267>
- Alayón-Gamboa, J. A., Jiménez-Ferrer, G., Nahed-Toral, J., y Villanueva-López, G. (2016). Estrategias silvopastoriles para mitigar efectos del cambio climático en sistemas ganaderos del sur de México. *Agroproductividad*, 9(9), 10-15.
- Alexander, S. M., Bodin, Ö., y Barnes, M. L. (2018). Untangling the drivers of community cohesion in small-scale fisheries. *International Journal of the Commons*, 12(1), 519-547. <https://doi.org/10.18352/ijc.843>
- Altieri, M. A., y Toledo, V. M. (2010). La revolución agroecológica de América Latina: Rescatar la naturaleza, asegurar la soberanía alimentaria y empoderar al campesino. *El Otro Derecho*, 42, 163-202.
- Alvarado, F. (2017) Servicios, externalidades y multifuncionalidad en sistemas de producción ganadera del estado de Yucatán. Tesis de maestría. UNAM
- Améndola, L., Solorio, F. J., Ku-Vera, J. C., Améndola-Massiotti, R. D., Zarza, H., y Galindo, F. (2016). Social behaviour of cattle in tropical silvopastoral and monoculture systems. *Animal*, 10(5), 863-867. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002475>
- Barabási, A.-L. (1996). Invasion Percolation and Global Optimization. *Physical Review Letters*, 76(20), 3750-3753. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.76.3750>
- Barabási, A.-L., y Pósfai, M. (2016). *Network science*. Cambridge University Press.
- Barnes, M. L., Bodin, Ö., Guerrero, A. M., McAllister, R. R. J., Alexander, S. M., y Robins, G. (2017). The social structural foundations of adaptation and transformation in social & ecological systems. *Ecology and Society*, 22(4), art16. <https://doi.org/10.5751/ES-09769-220416>
- Barnes, M. L., Bodin, Ö., McClanahan, T. R., Kittinger, J. N., Hoey, A. S., Gaoue, O. G., y Graham, N. A. J. (2019). Social-ecological alignment and ecological conditions in coral reefs. *Nature Communications*, 10(1), 2039. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09994-1>
- Bhagavan, M. R., y Virgin, I. (2004). *Generic aspects of institutional capacity development in developing countries*. Stockholm Environment Institute.

- Bharwani, S., Downing, T. E., Varela-Ortega, C., Blanco, I., Esteve, P., Carmona, G., Taylor, R., Devisscher, T., Coll Besa, M., Tainio, A., Ballard, D., y Watkiss, P. (2013). Social Network Analysis: Decision Support Methods for Adaptation. En *Mediation Project Briefing Note 8*.
- Bodin, Ö. (2017). Collaborative environmental governance: Achieving collective action in social-ecological systems. *Science*, 357(6352), eaan1114. <https://doi.org/10.1126/science.aan1114>
- Bodin, Ö., Crona, B., & Ernstson, H. (2017). Social Networks in Natural Resource Management: What Is There to Learn from a Structural Perspective? *Redes. Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 28(1), 1. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.684>
- Bodin, Ö., Alexander, S. M., Baggio, J., Barnes, M. L., Berardo, R., Cumming, G. S., Dee, L. E., Fischer, A. P., Fischer, M., Mancilla Garcia, M., Guerrero, A. M., Hileman, J., Ingold, K., Matous, P., Morrison, T. H., Nohrstedt, D., Pittman, J., Robins, G., y Sayles, J. S. (2019). Improving network approaches to the study of complex social–ecological interdependencies. *Nature Sustainability*, 2(7), 551-559. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0308-0>
- Bodin, Ö., Crona, B., y Ernstson, H. (2017). Social Networks in Natural Resource Management: What Is There to Learn from a Structural Perspective? *Redes. Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 28(1), 1. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.684>
- Bodin, Ö., y Crona, B. I. (2009). The role of social networks in natural resource governance: What relational patterns make a difference? *Global Environmental Change*, 19(3), 366-374. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.05.002>
- Bodin, Ö., y Prell, C. (2011). Social network analysis in natural resource governance – summary and outlook. En Ö. Bodin y C. Prell (Eds.), *Social Networks and Natural Resource Management: Uncovering the Social Fabric of Environmental Governance* (pp. 347-373). Cambridge University Press; Cambridge Core. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511894985.015>
- Bodin, Ö., y Tengö, M. (2012). Disentangling intangible social–ecological systems. *Global Environmental Change*, 22(2), 430-439. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.01.005>
- Broom, D. M., Galindo, F. A., & 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), 20132025. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2025>
- Calliari, E., Michetti, M., Farnia, L., y Ramieri, E. (2019). A network approach for moving from planning to implementation in climate change adaptation: Evidence from southern Mexico. *Environmental Science & Policy*, 93, 146-157. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.11.025>
- Cárdenas, J. (2016). El análisis de redes: Qué es, orígenes, crecimiento y futuro. *Pensando Psicología*, 12(19), 5-10. <https://doi.org/10.16925/pe.v12i19.1330>

- Casanova-Lugo, F., Ramírez-Avilés, L., Parsons, D., Caamal-Maldonado, A., Piñeiro-Vázquez, A. T., y Díaz-Echeverría, V. (2016). Environmental services from tropical agroforestry systems. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, XXII(3), 269-284. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.06.029>
- Codling, E. A., Plank, M. J., y Benhamou, S. (2008). Random walk models in biology. *Journal of The Royal Society Interface*, 5(25), 813-834. <https://doi.org/10.1098/rsif.2008.0014>
- Comoé, H. D. N. V. (2013). *Contribution to food security by improving farmers' responses to climate change in northern and central areas of Côte d'Ivoire* [Disertación doctoral, ETH]. <https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/69024/eth-7137-02.pdf>
- Cuartas Cardona, C. A., Naranjo Ramírez, J. F., Tarazona Morales, A. M., Murgueitio Restrepo, E., Chará Orozco, J. D., Ku Vera, J., Solorio Sánchez, F. J., Flores Estrada, M. X., Solorio Sánchez, B., y Barahona Rosales, R. (2014). Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 27(2), 76-94.
- de la Fuente, E., y Suárez, S. (2008). Problemas ambientales asociados a la actividad humana: La agricultura. *Ecología austral*, 18(3), 239-252.
- De la Mora, G. (2015). Redes sociales y Áreas Naturales Protegidas en la Zona Metropolitana de Monterrey, Nuevo León. *Economía, Sociedad y Territorio*, 15(49), 747-778.
- Douglas, M. (1986). *Cómo piensan las instituciones*. Alianza.
- Durkheim, E. (1997). *Las reglas del método sociológico*. Fondo de Cultura Económica.
- El estado mundial de la agricultura y la alimentación: La ganadería a examen*. (2009). FAO.
- Erdős, P., y Rényi, A. (1959). On random graphs. *Publicationes Mathematicae*, 6, 290-297.
- Estenssoro Saavedra, J. F. (2007). Antecedentes para una historia del debate político en torno al medio ambiente: La primera socialización de la idea de crisis ambiental (1945 -1972). *Universum (Talca)*, 22(2), 88-107. <https://doi.org/10.4067/S0718-23762007000200007>
- Evans-Pritchard, E. E. (1940). *Los Nuer*. Oxford University Press.
- Falayi, M., Gambiza, J., y Schoon, M. (2020). Unpacking Changing Multi-Actor and Multi-Level Actor Ties in Transformative Spaces: Insights from a Degraded Landscape, Machubeni, South Africa. *Land*, 9(7), 227. <https://doi.org/10.3390/land9070227>
- FAO. (2006). *Livestock's long shadow*.
- FAO. (2018). *Shaping the future of livestock. Sustainably, responsibly, efficiently*. FAO. <http://www.fao.org/3/I8384EN/i8384en.pdf>
- Flores, M., y Solorio, B. (2011). *Fomento y desarrollo de sistemas silvopastoriles intensivos* (Vol. 1). Fundación Produce.

- Food And Agriculture Organization Of The United Nations. (2009). *La larga sombra del ganado: Problemas ambientales y opciones*. Food & Agriculture Organi.
- Freeman, L. C. (2014). The Development of Social Network Analysis – with an Emphasis on Recent Events. En J. Scott y P. Carrington, *The SAGE Handbook of Social Network Analysis* (pp. 26-39). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.4135/9781446294413>
- Galaz, V., Österblom, H., Bodin, Ö., y Crona, B. (2014). Global networks and global change-induced tipping points. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 16(2), 1573-1553. <https://doi.org/10.1007/s10784-014-9253-6>
- Galindo, F., Williams, D., González-Rebeles, C., Zarza, H., Ávila-Flores, R., Olea-Perez, R., y Suzán, G. (2017). Conservation and Livestock Production in Tropical Mexico: The Need for Sustainable Options. En A. A. Aguirre y R. Sukumar, *Tropical conservation: Perspectives on local and global priorities* (pp. 371-380). Oxford university press.
- Galway, L. P., Beery, T., Jones-Casey, K., y Tasala, K. (2019). Mapping the Solastalgia Literature: A Scoping Review Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(15), 2662. <https://doi.org/10.3390/ijerph16152662>
- Gamper, M. (2022). Social Network Theories: An Overview. En A. Klärner, M. Gamper, S. Keim-Klärner, I. Moor, H. Von Der Lippe, & N. Vonneilich (Eds.), *Social Networks and Health Inequalities* (pp. 35-48). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-97722-1_3
- Gavito, M. E., Van Der Wal, H., Aldasoro, E. M., Ayala-Orozco, B., Bullén, A. A., Cach-Pérez, M., Casas-Fernández, A., Fuentes, A., González-Esquivel, C., Jaramillo-López, P., Martínez, P., Masera-Cerruti, O., Pascual, F., Pérez-Salicrup, D. R., Robles, R., Ruiz-Mercado, I., y Villanueva, G. (2017). Ecología, tecnología e innovación para la sustentabilidad: Retos y perspectivas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 150-160. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.09.001>
- Geels, F. W. (2006). Multi-Level Perspective on System Innovation: Relevance for Industrial Transformation. En X. Olsthoorn & A. J. Wiczeorek (Eds.), *Understanding Industrial Transformation* (Vol. 44, pp. 163-186). Kluwer Academic Publishers. 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), 24-40. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.02.002>
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., y Tempio, G. (2013). *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación*. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). <https://www.fao.org/documents/card/es?details=9add29f2-bd94-57f4-8ca8-a63c863ce1f5>

- Goetz, S., Han, Y., Findeis, J., y Brasier, K. (2010). U.S. Commuting Networks and Economic Growth: Measurement and Implications for Spatial Policy. *Growth and Change*, 41(2), 276-302. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2257.2010.00527.x>
- González Marcillo, R. L. (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, ESJ*, 14(27), 357-365. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n27p357>
- Granovetter, M. (1983). The Strength of Weak Ties: A Network Theory Revisited. *Sociological Theory*, 1, 201. <https://doi.org/10.2307/202051>
- Grothmann, T., Grecksch, K., Wings, M., y Siebenhüner, B. (2013). Assessing institutional capacities to adapt to climate change: Integrating psychological dimensions in the Adaptive Capacity Wheel. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(12), 3369-3384. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-3369-2013>
- Gupta, J., Termeer, C., Klostermann, J., Meijerink, S., Van Den Brink, M., Jong, P., Nooteboom, S., y Bergsma, E. (2010). The Adaptive Capacity Wheel: A method to assess the inherent characteristics of institutions to enable the adaptive capacity of society. *Environmental Science & Policy*, 13(6), 459-471. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.05.006>
- Hodgson, G. M. (2006). What Are Institutions? *Journal of Economic Issues*, 40(1), 1-25. <https://doi.org/10.1080/00213624.2006.11506879>
- Holling, C. S. (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4(5), 390-405. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0101-5>
- Hollway, J., y Koskinen, J. (2016). Multilevel embeddedness: The case of the global fisheries governance complex. *Social Networks*, 44, 281-294. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2015.03.001>
- Huamaní, C., y Mayta-Tristán, P. (2010). Producción científica peruana en medicina y redes de colaboración, análisis del Science Citation Index 2000-2009. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 27(3), 315-325. <https://doi.org/10.1590/S1726-46342010000300003>
- Hwang, D., Chi, S.-H., y Lee, B. (2016). Collective Action That Influences Tourism: Social Structural Approach to Community Involvement. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 40(4), 497-515. <https://doi.org/10.1177/1096348013503999>
- INEGI. (2016). *Conociendo Yucatán* (Sexta edición). INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/conociendo/702825217860.pdf
- Kadushin, C. (2012). *Understanding social networks: Theories, concepts, and findings*. Oxford University Press.

- Kates, R. W., Clark, W. C., Corell, R., Hall, J. M., Jaeger, I., Lowe, I., McCarthy, J. J., Schellnhuber, H. J., Bolin, B., Dickson, N. M., Faucheux, S., Gallopin, G. C., Grübler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N. S., Kasperson, R. E., Mabogunje, A., Matson, P., ... Svedin, U. (2001). Sustainability Science. *Science*, 292(5517), 641-642. <https://doi.org/10.1126/science.1059386>
- Ku Vera, J. C. (2018). *Crisis de la ganadería bovina en el trópico de México: Opciones para mejorar la eficiencia productiva*. Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria A.C. (AMPA).
- Ku-Vera, J. C., Canul-Solis, J. R., Piñeiro-Vázquez, A. T., Briceño-Poot, E. G., Alayón-Gamboa, J. A., Ayala-Burgos, A. J., Solorio-Sánchez, F. J., Aguilar-Pérez, C. F., Ramírez-Avilés, L., y Castelán-Ortega, O. A. (2013). Methane Emissions from Ruminants in the Tropics: Implications for Global Warming and Options For Mitigation. En A. Basile, *Methane in the environment: Occurrence, uses and production*. Nova Publishers.
- Leonidas Aguirre, J. (2011). *Introducción al Análisis de Redes Sociales*. CIEPP. <https://www.ciepp.org.ar/images/ciepp/docstrabajo/doc%2082.pdf>
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S. R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., Pell, A. N., Deadman, P., Kratz, T., Lubchenco, J., Ostrom, E., Ouyang, Z., Provencher, W., Redman, C. L., Schneider, S. H., & Taylor, W. W. (2007). Complexity of Coupled Human and Natural Systems. *Science*, 317(5844), 1513-1516. <https://doi.org/10.1126/science.1144004>
- Lozano Pérez, S. (2006). El Desarrollo Sostenible como ámbito de aplicación del Análisis de Redes Sociales. *Idea Sostenible*, 3(14), 1-9.
- 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), 11-18.
- Mancilla García, M., Hileman, J., Bodin, Ö., Nilsson, A., y Jacobi, P. R. (2019). The unique role of municipalities in integrated watershed governance arrangements: A new research frontier. *Ecology and Society*, 24(1), art28. <https://doi.org/10.5751/ES-10793-240128>
- Matous, P., y Todo, Y. (2018). An experiment in strengthening the networks of remote communities in the face of environmental change: Leveraging spatially distributed environmental memory. *Regional Environmental Change*, 18(6), 1741-1752. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1307-9>
- Murgueitio, E., Cuellar, P., Ibrahim, M., Gobbi, J., Cardona, C., Naranjo R, J., Zapata, A., Mejía, C., Zuluaga, A., y Casasola, F. (2006). Adopción de Sistemas Agroforestales Pecuarios Adoption of Agroforestry Systems for Animal Production. *Pastos y Forrajes*, 29(4), 365-381.

Murgueitio, E., Ibrahim, M., Cuartas, C., Naranjo, J. F., Murgueitio, M. M., Córdoba, C. P., Uribe, F., Molina, C. H., y Solarte, L. H. (2010). *Manual de establecimiento y manejo de los SSPi*. SENA y CIPAV.

Murgueitio Restrepo, E., Barahona Rosales, R., Flores Estrada, M. X., Chará Orozco, J. D., & Rivera Herrera, J. E. (2016). Es Posible Enfrentar el Cambio Climático y Producir más Leche y Carne con Sistemas Silvopastoriles Intensivos. *Ceiba*, 54(1), 23-30. <https://doi.org/10.5377/ceiba.v54i1.2774>

Newman, M. (2010). *Networks: An Introduction*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199206650.001.0001>

Núñez Valdés, J., Alfonso Pérez, M., Bueno Guillén, S., Diánez del Valle, M. del R., y Elías Olivenza, M. del C. de. (2004). Siete puentes, un camino: Königsberg. *Suma: revista sobre la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas*, 45, 69-78.

Onitsuka, K., y Hoshino, S. (2018). Inter-community networks of rural leaders and key people: Case study on a rural revitalization program in Kyoto Prefecture, Japan. *Journal of Rural Studies*, 61, 123-136. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.04.008>

Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action* (1.^a ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511807763>

Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325(5939), 419-422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>

Pérez, L. (2017) Valoración de indicadores de sustentabilidad en sistemas de pastoreo de monocultivo y silvopastoriles de bovinos de carne y leche en el trópico sub húmedo de Yucatán, México. Tesis de licenciatura. UNAM.

Petit Aldana, J., Casanova Lugo, F., y Solorio-Sanchez, F. (2009). Asociación de especies arbóreas forrajeras para mejorar la productividad y el reciclaje de nutrimentos. *Agricultura técnica en México*, 35, 113-122.

PGN. (2018). *PGN/Padrón Ganadero Nacional*. <http://www.pgn.org.mx/>

Phalan, B., Onial, M., Balmford, A., y Green, R. E. (2011). Reconciling Food Production and Biodiversity Conservation: Land Sharing and Land Sparing Compared. *Science*, 333(6047), 1289-1291. <https://doi.org/10.1126/science.1208742>

Quintal Avilés, E. F. (1993). *Fiestas y gremios en el oriente de Yucatán*. Cultur Servicios: Gobierno del Estado de Yucatán.

- Raufflet, E. (2000). Berkes, F., and C. Folke, editors. 1998. Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience. Cambridge University Press, New York. *Conservation Ecology*, 4(2), art5. <https://doi.org/10.5751/ES-00202-040205>
- Rodriguez-Vivas, R. I., Alonso-Díaz, M. A., Rodríguez-Arevalo, F., Fragoso-Sanchez, H., Santamaria, V. M., y Rosario-Cruz, R. (2006). Prevalence and potential risk factors for organophosphate and pyrethroid resistance in *Boophilus microplus* ticks on cattle ranches from the State of Yucatan, Mexico. *Veterinary Parasitology*, 136(3-4), 335-342. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.05.069>
- Romero Vargas, A. (2003). *Globalización y pobreza* (Primera edición). Universidad de Nariño.
- Santiago, E. (2007). Biodiversidad, cultura y territorio. *Territorios*, 16-17, 127-148.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2020). *Logros 2019* (1ra Ed.). <https://www.conanp.gob.mx/LogrosConanp/Logros2019.pdf>
- Silva, C. (2016) Evaluación integral de dimensiones de sustentabilidad (ambiental, bienestar animal, económica y social) de sistemas ganaderos (monocultivo, silvopastoril y monte) en diferentes unidades de paisaje en el trópico mexicano. Tesis de maestría. UNAM.
- Solorio, J. 11. marzo. (2021) comunicación personal.
- Shannon, P., Markiel, A., Ozier, O., Baliga, N. S., Wang, J. T., Ramage, D., Amin, N., Schwikowski, B., y Ideker, T. (2003). Cytoscape: A Software Environment for Integrated Models of Biomolecular Interaction Networks. *Genome Research*, 13(11), 2498-2504. <https://doi.org/10.1101/gr.1239303>
- Spangenberg, J. H. (2011). Sustainability science: A review, an analysis and some empirical lessons. *Environmental Conservation*, 38(3), 275-287. <https://doi.org/10.1017/S0376892911000270>
- Thiel, A., Adamseged, M. E., y Baake, C. (2015). Evaluating an instrument for institutional crafting: How Ostrom's social-ecological systems framework is applied. *Environmental Science & Policy*, 53, 152-164. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.04.020>
- Uvalle-Berrones, R. (2009). Condiciones, procesos y tendencias de la administración pública contemporánea. *Convergencia Revista de Ciencias Sociales*, 49, 73-102.
- Valente, T. W. (2012). Network Interventions. *Science*, 337(6090), 49-53. <https://doi.org/10.1126/science.1217330>
- Varns, T., Cortez, R., Hovani, L., and Kingsbury, P. 2018. Yucatán Peninsula, Mexico: A Jurisdictional Approach to Conserving the Maya Forest. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.
- Wasserman, S., y Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge University Press.

Watts, D. J., y Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature*, 393(6684), 440-442. <https://doi.org/10.1038/30918>

Wong, R. (2019). Balancing Institutions for Implementing the Sustainable Development Goals Through ‘Network Within Hierarchy’. *Sustainability*, 11(16), 4498. <https://doi.org/10.3390/su11164498>

Wood, B. A., Blair, H. T., Gray, D. I., Kemp, P. D., Kenyon, P. R., Morris, S. T., y Sewell, A. M. (2014). Agricultural Science in the Wild: A Social Network Analysis of Farmer Knowledge Exchange. *PLoS ONE*, 9(8), e105203. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105203>

Zepeda Cancino, R. M., Velasco Zebadúa, M. E., Nahed Toral, J., Hernández Garay, A., y Martínez Tinajero, J. J. (2016). Adopción de sistemas silvopastoriles y contexto sociocultural de los productores: Apoyos y limitantes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(4), 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., & Latawiec, A. (2018). Results from On-The-Ground Efforts to Promote Sustainable Cattle Ranching in the Brazilian Amazon. *Sustainability*, 10(4), 1301. <https://doi.org/10.3390/su10041301>