

APROXIMACIONES TEÓRICAS A LOS SISTEMAS INTEGRADOS DE

producción agropecuaria sustentables (SIPAS)



Autores
Jhon Jairo Monje
Hugo Magdaleno Ramírez-Tobías
María Camila González

 **UNIMINUTO**
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

Colección de Investigación

APROXIMACIONES TEÓRICAS A LOS SISTEMAS INTEGRADOS DE

producción agropecuaria sustentables (SIPAS)

Jhon Jairo Monje
Hugo Magdaleno Ramírez-Tobías
María Camila González
Autores





Presidente del Consejo de Fundadores

P. Diego Jaramillo Cuartas,cjm

Rector General Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

P. Harold Castilla Devoz, cjm

Vicerrectora General Académica

Stéphanie Lavaux

Director de investigación – PCIS

Tomás Durán Becerra

Subdirectora Centro Editorial

Rocío del Pilar Montoya Chacón

Rector Bogotá Presencial

Jefferson Enrique Arias Gómez

Vicerrector Académico Rectoría UNIMINUTO Bogotá

Nelson Iván Bedoya Gallego

Director de Investigación Rectoría UNIMINUTO Bogotá

Benjamín Barón Velandia

Coordinadora de Publicaciones Rectoría UNIMINUTO Bogotá

Lorena Cano Vergara

Decano Facultad de Ingeniería

Jhon Camilo Cifuentes Taborda

Monje, Jhon Jairo

Aproximaciones teóricas a los sistemas integrados de producción agropecuaria sustentables (SIPAS). / Jhon Jairo Monje, Hugo Magdaleno Ramírez-Tobías, María Camila González. Bogotá : Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, 2023.

129 páginas, ilustraciones, gráficas, tablas.;
Incluye referencias bibliográficas páginas 115-129
e-ISBN: 978-958-763-697-0
ISBN: 978-958-763-696-3
Colección de investigación

1. Producción agropecuaria -- Estudio de casos 2. Productividad agrícola -- Investigaciones 3. Planificación agrícola -- San Luis Potosí (México) 4. Planificación agrícola -- Boyacá (Colombia) 5. Estrategias para el desarrollo i. Hugo Magdaleno Ramírez-Tobías (autor) ii. María Camila González (autor).

CDD: 338.1 M65a BRGH

Registro Catálogo Uniminuto No. 106182

Archivo descargable en MARC a través del link: <https://tinyurl.com/bib106182>

Aproximaciones teóricas a los sistemas integrados de producción agropecuaria sustentables (SIPAS).

Autores

Jhon Jairo Monje

Hugo Magdaleno Ramírez-Tobías

María Camila González

Asistente editorial

Leonardo Alfonso Bernal Prieto

Corrección de estilo

Miguel Fernando Niño Roa

Diseño y diagramación

Mauricio Salamanca

e-ISBN: 978-958-763-697-0

ISBN: 978-958-763-696-3

DOI: <https://doi.org/10.26620/uniminuto/978-958-763-697-0>

Primera edición digital 2023

Proceso de arbitraje doble ciego

Recibido del manuscrito: agosto de 2020

Evaluado: julio de 2022

Ajustado por autores: julio de 2022

Aprobado: septiembre de 2022

Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Calle 81 B # 72 B – 70

Bogotá D. C. - Colombia

2023

Esta publicación es el resultado de la investigación La diversificación productiva de los sistemas agroecológicos bajo el concepto de sistemas integrados de producción agropecuaria sustentables SIPAS: estudio de caso en San Luis Potosí (México) y Boyacá - Cundinamarca (Colombia), con código CSP5-17-029, financiada por la V Convocatoria para el desarrollo y fortalecimiento de la investigación en UNIMINUTO - 2018.

©Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Todos los capítulos publicados en *Aproximaciones teóricas a los Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria Sustentables (SIPAS)*, fueron seleccionados por el Comité Científico de acuerdo con los criterios de calidad editorial establecidos por Institución. El libro está protegido por el Registro de propiedad intelectual. Los conceptos expresados en los artículos competen a los autores, son su responsabilidad y no comprometen la opinión de UNIMINUTO. Se autoriza su reproducción total o parcial en cualquier medio, incluido electrónico, con la condición de ser citada clara y completamente la fuente, siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales, tal como se precisa en la Licencia Creative Commons Atribución – No comercial – Compartir Igual que acoge UNIMINUTO.

Dedicatoria

Jhon Jairo Monje

En memoria de mi padre, Armengol Monje Bermúdez, que me enseñó mucho sobre el valor de las personas de la ruralidad, de la aventura que representa viajar por un río, de caminar por la selva en la noche y de todo lo aprovechable en ello: desde un alimento maravilloso en el cogollo de una palma, hasta el uso de hormigas que calman la sed en medio de tanta humedad. Creo que todo esto terminó enamorándome de todo lo rural, y en especial del conocimiento de sus habitantes.

Hugo Magdaleno Ramírez-Tobías

A todos los productores que practican la agricultura tradicional; y también a los que han decidido incursionar en alternativas a los métodos convencionales que, día a día, mantienen los procesos de aprovechamiento de los recursos naturales y, con ello, hacen posible la generación de bienes y servicios para la sociedad. A las instituciones que con valentía han decidido participar en la formación de recursos humanos en la agroecología trabajando a contracorriente, pero con la visión de que es necesario contribuir a la construcción de nuevos paradigmas.

María Camila González

A la agroecología, que une fronteras y es esperanza para el planeta; a cada una de las comunidades que abrieron sus corazones y las puertas de sus hogares a este grupo de investigadores; y a las familias y amigos del equipo investigador, que han sido incondicionales en este proceso.

Resumen

En la presente obra se realiza un análisis multisistémico a partir de la teoría general de sistemas donde el objetivo principal es acercarse al concepto de los SIPAS y sus modelos conceptuales, mediante la evaluación y sistematización de experiencias productivas. Tal aproximación se disipa desde una perspectiva teórica y filosófica de los SIPAS desde la agroecología y la agricultura sustentable, enmarcando así la importancia de la dimensión ecológica- productiva; es por ello que se recopilan elementos técnicos derivados del desarrollo del proyecto “La diversificación productiva de los sistemas agroecológicos bajo el concepto de sistemas integrados de producción agropecuaria sustentables SIPASS: estudio de caso en San Luis Potosí (México) y Boyacá - Cundinamarca (Colombia)”, lo cual permite el planteamiento de un modelo de medición sistémico para la clasificación de los SIPAS propuestos y a su vez las consideraciones de optimización.

Palabras claves: SIPAS, Agroecología, modelo sistemático.

Abstract

In this work a multisystemic analysis is carried out from the general theory of systems where the main objective is to approach the concept of SIPAS and its conceptual models, through the evaluation and systematization of productive experiences. Such an approach dissipates from a theoretical and philosophical perspective of SIPAS from agroecology and sustainable agriculture, thus framing the importance of the ecological-productive dimension; that is why technical elements derived from the development of the project “The productive diversification of agroecological systems under the concept of integrated sustainable agricultural production systems SIPASS: case study in San Luis Potosí (Mexico) and Boyacá - Cundinamarca (Colombia)” are collected, which allows the approach of a systemic measurement model for the classification of the proposed SIPAS and in turn the optimization considerations.

Keywords: SIPAS, Agroecology, systematic model.

¿Cómo citar este libro? / How to cite this work?

APA

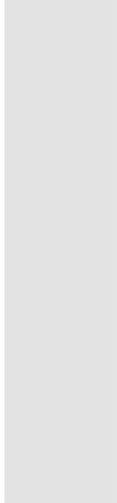
Monje, J., Magdaleno, H. y González, C. (2023). *Aproximaciones teóricas a los sistemas integrados de producción agropecuaria sustentables (SIPAS)*. Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. DOI: <https://doi.org/10.26620/uniminuto/978-958-763-697-0>

Chicago

Monje, John, Hugo Magdaleno y María González. *Aproximaciones teóricas a los sistemas integrados de producción agropecuaria sustentables (SIPAS)*. Bogotá: Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, 2023. DOI:<https://doi.org/10.26620/uniminuto/978-958-763-697-0>

MLA

Monje, John, Hugo Magdaleno y María González. *Aproximaciones teóricas a los sistemas integrados de producción agropecuaria sustentables (SIPAS)*. Bogotá: Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, 2023. DOI: <https://doi.org/10.26620/uniminuto/978-958-763-697-0>



CONTENIDO

Agradecimientos	13
Prólogo	17
Sobre los autores	21
Introducción	23
CAPÍTULO 1	
Consideraciones desde la agroecología y la agricultura sustentable	27
CAPÍTULO 2	
Concepto de los SIPAS	51
CAPÍTULO 3	
Modelos de SIPAS	73
CAPÍTULO 4	
Modelo de evaluación	93

Índice de tablas	111
Índice de figura	113
Referencias	115

Agradecimientos

A todos los que aportaron en esta publicación. Más que información, nos regalaron amistad, amabilidad y respeto, porque nos abrieron las puertas de sus casas con todo el amor y desprendimiento que les fue posible brindar a unos extraños como nosotros.

Si bien es usual extender agradecimientos en libros como este, tratamos de dar un toque especial a estos en particular, pues queremos mostrar, desde nuestra mirada de visitantes, gratitud frente a la hospitalidad, calor, alegría y sinceridad que contribuyeron a hacer de esta idea de mirar la producción agropecuaria desde otra observación una realidad.

En México

El primer y más fraternal agradecimiento está dirigido a la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, que ha creído en lo que hacemos y nos facilitó buena parte de los recursos logísticos para visitar los predios productivos de SLP y Guanajuato. También reconocemos el apoyo de esta institución en la formación de María Camila González, joven investigadora de la Corporación

Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO y coautora de este libro, al facilitarle una estancia de investigación (de un mes de duración) en sus instalaciones.

Al doctor José Luis Lara Mireles, director de la Facultad, quien desde el inicio nos invitó a que aportáramos desde nuestra experiencia al compartir agroecológico con sus programas.

A los queridos profesores del Departamento de Agroecología de la Universidad Autónoma Chapingo, pues sus recomendaciones siempre son oportunas cuando de movernos por México se trata.

Hacemos un reconocimiento especial a la ingeniera agroécologa Evelyn Guzmán en San Luis Potosí y a toda su familia, porque le hicieron sentir una muy familiar celebración de fiestas patrias —grito de dolores— al Profesor Jhon Jairo Monje durante su estancia, y recibieron y acogieron a María Camila durante su estancia de investigación.

En Colombia

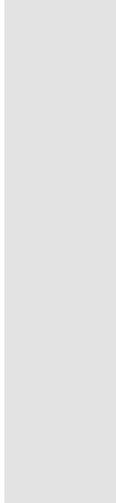
A la Universidad de la Amazonia, y en especial al programa de Ingeniería Agroecológica en Florencia (Depto. de Caquetá) que, con el visto bueno de sus directivos, nos permitió ingresar e investigar en la Granja Experimental Balcanes y, también gracias a su intermediación, en otras granjas cercanas bajo el mismo modelo.

A los ingenieros agrónomos Edgar Javier Ávila Barrera y Cristian Alejandro Pérez Alarcón, graduados de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) en Tunja (Boyacá), quienes nos facilitaron y acompañaron en el recorrido por los municipios de Tunja y Ramiriquí, lugares donde ellos tenían experiencias agroecológicas con productores.

Al profesor Camilo Lancheros en el municipio de Caldas (Boyacá), que nos guio y acompañó en la visita de fincas agropecuarias de la Cooperativa Multiactiva de la Vereda de Quipe.

Al ingeniero agroecólogo José Camilo Carvajal, graduado del programa de Ingeniería Agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO Rectoría Bogotá, que fue nuestro guía en los municipios de Pacho, Vergara y Supatá en Cundinamarca.

A todo el equipo de gestión para la investigación de UNIMINUTO-Rectoría Bogotá. A su director, el doctor Alirio Raigozo Camelo, y a nuestros queridos amigos Alberto Chamorro, Javier García, Yury Milena Díaz y Jonathan Mora que son el soporte para que estos productos lleguen a ser realidad, pues ponen todo lo necesario para que lo administrativo no detenga el desarrollo normal de la investigación y la posterior publicación de sus resultados.



Prólogo

La paráfrasis que se hace en el título de este libro a la teoría general de sistemas permite a los autores justificar el enfoque teórico y la estrategia de análisis empleada a lo largo de la obra. La teoría nombrada, empleada para analizar fenómenos en cualquier campo de conocimiento, se ha usado por décadas en el campo de la ecología. Gracias a ello comprendemos la forma en que se estructuran y funcionan los ecosistemas naturales, y explicamos las razones por las que estos sistemas pueden mantenerse organizados, a lo largo del tiempo, en una aparente violación de las leyes de la termodinámica.

Hoy sabemos que el suministro constante de energía recibido por los ecosistemas favorece la acumulación de energía potencial en forma de biomasa, posteriormente utilizada en la realización del trabajo que permite mantener su estructura y funcionamiento. Este proceso se ve favorecido cuando el número de interacciones bióticas se incrementa dentro del sistema, ya que con ello se aumenta la potencia con que se realizan los procesos y, por lo tanto, se realiza más trabajo. Ahora bien, la aplicación de estos principios a los agroecosistemas obliga a identificar las fuentes de energía que permiten la realización de trabajo y la forma en que se incrementa la potencia de este.

En la agricultura convencional, las fuentes de energía de origen fósil y el desarrollo de tecnologías sumamente potentes para el suministro de materiales (agua y fertilizantes) y el control de arvenses, fitófagos y parásitos, los cuales reemplazan los procesos ecológicos que de forma natural realizan estas tareas, han generado altos niveles de productividad, pero bajos en cuanto a sustentabilidad. Las consecuencias de dicha situación son graves: deterioro ambiental, desigualdad social y severos problemas de salud para productores y consumidores. Para cambiar dicha situación, los autores de la presente obra proponen asumir las propuestas de la agroecología, que pretenden modificar la forma en que se concibe la agricultura.

Con miras a lo anterior, los autores retoman los planteamientos de Eduardo Sevilla Guzmán (2011, p. 13), quien concibe la agroecología como

(...) el manejo ecológico de los recursos naturales a través de formas de acción social y colectiva que presentan alternativas a la actual crisis de modernidad, mediante propuestas de desarrollo participativo desde los ámbitos de la producción y la circulación alternativa de sus productos, pretendiendo establecer formas de producción y consumo que contribuyan a encarar la crisis ecológica y social, y con ello a restaurar el curso alterado de la coevolución social y ecológica (...).

Al decir de los autores de este libro, lograr dichos cambios demanda a la agroecología abordar los problemas desde una perspectiva interdisciplinaria, e incluso a partir de la construcción de un marco teórico y metodológico transdisciplinario. En este sentido, y con base en el diálogo que llevaron a cabo con campesinos de distintas regiones de México y Colombia, los autores proponen revalorar y promover sistemas de producción que combinen, de forma integrada, las producciones agrícola y pecuaria. Para ello, explican claramente la importancia que ha tenido, tiene y tendrá la presencia de animales en los sistemas de producción agrícola. Dado que sus funciones son múltiples, la incorporación de animales incrementa la sustentabilidad de los sistemas conforme el grado de integración sea mayor.

En principio, los animales aceleran el flujo de energía en el sistema, lo que incrementa la potencia y la cantidad de trabajo que se realiza.

Además, la transformación de la materia orgánica a través de los procesos digestivos favorece el reciclamiento de la materia, a la vez que contribuye a la liberación de nutrimentos y a la acumulación de materia orgánica en el suelo. Pero los animales también cumplen una función social, ya que aportan recursos económicos importantes y son un elemento esencial en los procesos de convivencia a nivel familiar o comunitario. Parafraseando a distintos autores, los autores delimitan el papel de estos de la siguiente manera:

Más allá de suministrar carne, fibras, pieles, huevos y leche, [el animal] enmarca un entramado histórico con el ser humano en su evolución agropecuaria que comprende beneficios, aportes, sentimientos y espiritualidad, con el que su funcionalidad trasciende a espacios dimensionales mucho más complejos, tales como sentimientos, aportes y ritualidades. (p. 10)

Con base en lo anterior, proponen los autores un esquema de caracterización y evaluación multidimensional para los que se han denominado sistemas integrados de producción agropecuaria sustentables (SIPAS). La caracterización, realizada con base en la identificación de los componentes del sistema, el flujo de energía que permite la realización de trabajo, el reciclamiento de la materia y la interacción con el exterior permite construir una clasificación de los distintos modelos de SIPAS. Esta considera, además, el grado de integración de los animales a las distintas dimensiones del proceso productivo.

Una vez construido el marco para caracterizar los SIPAS, en el libro se establece un marco para evaluar el diseño y la función de los sistemas de producción agropecuaria, que contempla siete variables y un esquema de valoración para cada una. Las variables seleccionadas permiten evaluar el acercamiento del sistema al ideal de las propuestas agroecológicas. Se valoran las tecnologías empleadas, el grado de integración de animales y plantas, las fuentes de energía, el reciclamiento de insumos y materiales, el grado de sustentabilidad del sistema y la disminución en la dependencia alimentaria.

El fin último de lo anterior es determinar el nivel de sustentabilidad de los sistemas e identificar los cambios que se requiere realizar para avanzar en este terreno. Como ya es una constante en el trabajo del doctor Jhon Jairo Monje, el método de evaluación propuesto se caracteriza

porque puede ser comprendido por cualquier persona y por su facilidad de aplicación. Instrumentos de este tipo favorecen el diálogo y el intercambio de saberes entre campesinos y técnicos. Además, favorecen la construcción de procesos interdisciplinarios y abonan a la construcción de la transdisciplina que requiere la agroecología.

La construcción de una teoría general de los SIPAS requiere aún de la conjunción de conceptos, métodos y técnicas diversas; sin embargo, esta aproximación traza un camino por el que podemos transitar con mayor seguridad y confianza.

Dr. Juan Antonio Cruz Rodríguez
Departamento de Agroecología
de la Universidad Autónoma Chapingo
Texcoco, Estado de México (México)

Sobre los autores

Jhon Jairo Monje Carvajal



Profesor Asociado de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, en la Facultad de Ingeniería de la Rectoría Bogotá. Doctor en Recursos Naturales y Gestión Sostenible de la Universidad de Córdoba en España, Máster en Agroecología, Sociología y Desarrollo Rural Sostenible de la Universidad Internacional de Andalucía de Sevilla España, Ingeniero Agroecólogo de la Universidad de la Amazonía en Florencia Caquetá Colombia. Ha desarrollado investigación en la densidad académica de la agroecología a lo largo de América y el Mundo, con proyectos en Planes de vida Indígena en Colombia, Huella de la comida en comunidades rurales del país y ahora en los modelos de producción sustentables a partir de los principios de la producción agropecuaria integrada desde el concepto SIPAS.

Hugo Magdaleno Ramírez

Es Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí en la Facultad de Agronomía y Veterinaria. Su formación es como sigue: Doctor en Ciencias por el Colegio de Postgraduados (México) y Maestro en Ciencias Ambientales e Ingeniero Agroecólogo por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (México). Ha desarrollado proyectos en temas de fisiología ecológica de plantas cultivadas y silvestres, de cambio climático, de interacciones bióticas benéficas y de generación y divulgación de conocimiento etnobiológico.

María Camila González

Ingeniera en agroecología, egresada de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, líder del semillero de investigación en Desarrollo Rural, participante de la investigación Los sistemas agroecológicos bajo el concepto de Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria Sustentables SIPAS, coautora del artículo Experiencias en Colombia y México: formación académica y práctica desde la ingeniería agroecológica, el cual está en revisión; proyecto realizado por medio del Convenio Colciencias - Sena. Cuenta además con un diplomado en educación ambiental del Politécnico de Colombia.



Introducción

La agricultura debe su modelo actual a su origen en la Antigüedad, así como a su evolución en la historia, junto con el desarrollo del humano como especie en su entorno. Este proceso ha determinado y sustentado en gran parte la existencia de la humanidad, tanto en el pasado como en el presente, porque ha permitido a los seres humanos alimentarse, vestirse, desarrollar herramientas y establecer su actual modelo económico (Griffin, 1982). Pero la forma como esto se desarrolla hoy, junto con el modelo agrícola moderno, no asegura cambios verdaderos que certifiquen la sustentación de la vida del ser humano en el futuro (Monje, 2007), antes que nada porque la modernidad mal entendida, esencialmente desde la visión de los modelos económicos, apuesta, de un lado, por acciones críticas —la homogenización de cultivos y la estandarización de semillas, en especial aquellas registradas con lucros económicos— (Altieri, 2018) que atentan contra la fragilidad de los elementos ecosistémicos de la biodiversidad local y regional; y de otro, por la pérdida de biodiversidad funcional y el deterioro con la posterior erosión de las variedades locales (Arias *et al.*, 2009), fundamentalmente porque se busca dinamizar los modelos comerciales en detrimento de fortalecer los modelos de vida sustentable y bienestar social en los ámbitos rural y urbano.

En muchas referencias históricas se dice que la agricultura tiene una edad superior a 10.000 años, dato sustentado en hallazgos de fósiles de esa edad que muestran indicios de labores agrícolas; ello conduce a pensar que desde entonces se han ejecutado procesos de esta naturaleza (Maroto, 2014). Si bien el sustento científico se remite a estas evidencias, cabe notar que un registro vivo se puede ver aún hoy en las prácticas de los campesinos y las comunidades indígenas al respecto, llevadas a cabo desde simbologías, procesos, acciones y métodos propios, y herramientas locales. Todo esto obra a favor del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, con lo que se genera una coexistencia que ha permitido a estos grupos evolucionar en constante aprendizaje desde la dualidad humano-naturaleza (Monje, 2010).

Según Acevedo (2004), existen tres grandes revoluciones de la agricultura: el manejo y dominio de la semilla —el origen—; la *revolución verde*, ocurrida a mediados de la década de 1970, y la revolución genética o transgénesis, marcada por la aparición de los organismos genéticamente modificados (OGM). La primera se considera la más importante por ser el punto de partida de todas las demás, y porque los rasgos principales de la situación actual, que existen desde el primer periodo de la agricultura, marcarían ese hilo de procesos productivos en el planeta. Son los siguientes: uso de semillas y diseño de herramientas, de las más simples hasta las más complejas; labrado de la tierra; ocupación de regiones donde permanecen y se cultivan alimentos (el origen de las haciendas y de los centros poblados en la época feudal); domesticación de especies animales y otros vegetales de uso y consumo alimentario (Maroto, 2014); y un gran proceso de acumulación de conocimientos ligados al manejo agropecuario que, en su ciclo tipo bucle de práctica repetitiva y retroalimentada (Morin, 2006), ha generado la base tecnológica que sustenta la alimentación humana actual.

Esta verdad de la relación entre ser humano y agricultura encuentra fundamento en varios elementos, entre los que se encuentran la capacidad de adaptación del primero (por la relación entre su movilidad y los territorios que ha habitado y habita) y los procesos por los cuales comenzó su interacción con los animales (domesticación y uso), más antiguos que los procesos de siembra y cosecha. Si bien cabe discutir esta última consideración, es fácil justificarla por el hecho de que los animales se usaron para el arrastre de carga y el consumo de carne y leche, piel, huesos y otros derivados sin tener que cazarlos (Monje, 2011).

Hoy se reconoce que casi ningún agricultor campesino, indígena o colono posee sistemas productivos sin tener animales en sus fincas o predios; el animal está ligado a su evolución histórica, por lo que se ve representado en su cotidianidad, trabajo, producción, fuentes de ingreso y demás actividades fundamentales para la vida rural (Sloninsky, 1985). Este concepto es muy apreciado en la agroecología (V. Toledo, 2011), ciencia disciplinar en que se mueve la propuesta de investigación consignada en esta obra. En ella se soporta el planteamiento que se hace frente a los sistemas integrados de producción agropecuaria sustentables (SIPAS): desde la concepción de los suscritos autores, estos son el pilar de una agroecología más localizada en los territorios y sus espacios socioculturales por el conocimiento histórico ligado a ellos (V. M. Toledo & Barrera-Bassols, 2008), con lo cual hacen de la producción un espacio integrador que se aleja en gran medida de las agriculturas convencionales.

Se reconoce que los SIPAS no son totalitarios ni absolutos porque tienen un espectro multidimensional que va desde lo productivo hasta lo investigativo y que, además, se mueve en espacios sociales, de bienestar, de recuperación cultural, de restauración ambiental, de aportes a la mitigación de cambio climático (Torres-Lima *et al.*, 2011), de unidad territorial, de paisaje cultural agropecuario y de grandes aportes a la conservación de lo que hoy es tendencia: la reducción de la pérdida de biodiversidad funcional; la búsqueda de variedad de especies a través de mecanismos no OGM; y el manejo integrado de producción para la implementación de agroecosistemas con alta resiliencia al cambio climático (Altieri & Nicholls, 2012).

Desde estas perspectivas, fue necesario encontrar algunos casos de trabajo ejecutado bajo el concepto de SIPAS y conocer mejor su trasfondo sociocultural, ecológico-productivo y político en aras de entenderlos, describirlos, traducirlos a un lenguaje científico aplicado y generar bases para investigaciones más profundas y particularizadas, que puedan formar un nuevo enfoque de estudio agropecuario desde y para la agroecología (Calle *et al.*, 2013). En la misma línea, se pretendió revisar modelos convencionales de producción en México y Colombia para valorar su enfoque y, con ello, construir argumentos a través de los cuales se establecieran diferencias —en especial, estructurales— entre estos y los modelos de producción SIPAS.

La estructura del libro está organizada de forma que se abordan de forma gradual los sustentos epistémicos de los SIPAS. Luego de esta introducción, que presenta generalidades sobre el papel animal en la agricultura tradicional, su importancia y sus aportes a la ruralidad, se presenta en el primer capítulo una serie de elementos que explican los SIPAS desde la agroecología y la agricultura sustentable, y la manera como estos se complementan en una producción sustentable a través de la cual se integran lo agrícola y lo pecuario en un mismo espacio productivo. El tercer capítulo, a su turno, presenta la construcción del concepto de los SIPAS y una aproximación a su modelación productiva, que permiten entender la importancia de ubicarlos en la dimensión ecológica-productiva de la agroecología. Para ello se recurre a trabajos ya desarrollados sobre flujos ecológicos, sistemas agrícolas sustentables, producción pecuaria ecológica y diseños de sistemas productivos a partir de modelos de gráficos de flujos.

En el cuarto capítulo se presentan modelos teóricos sobre los SIPAS y se los compara con modelos de producción convencionales. Estos son el resultado de análisis construidos con base en los planteamientos expuestos en los capítulos previos; de ellos surgen los elementos que permitieron valorar esos modelos teóricos. De esta evaluación se plantea un modelo de medición para los SIPAS que establece valores mínimos para considerarlos como tales. La exposición final de la obra se enmarca en la manera como, a partir de la medición, es posible emplear el modelo en sistemas productivos.

Así entonces, esta obra pretende brindar una construcción epistemológica a través de la cual se construyan bases para entender los modelos SIPAS. La obra combina una valoración de experiencias, a las que se hace una aproximación teórica y filosófica, con elementos técnicos derivados del desarrollo del proyecto “La diversificación productiva de los sistemas agroecológicos bajo el concepto de sistemas integrados de producción agropecuaria sustentables SIPASS: estudio de caso en San Luis Potosí (México) y Boyacá-Cundinamarca (Colombia)”¹, con el objeto ulterior de aproximarse al concepto general de los SIPAS mediante experiencias productivas.

1 Financiado por la quinta convocatoria interna de investigación de la rectoría de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO Rectoría Bogotá.

CAPÍTULO 1

Consideraciones desde la agroecología y la agricultura sustentable

Hablar de un SIPAS desde la visión agroecológica no es solo una iniciativa de los suscritos autores. La agroecología ya ha incorporado a sus planteamientos ciertos modelos de producción que, en la práctica, se oponen a modelos de revolución dominante —o revolución verde—. Presentar y tratar el tema de esta manera tiene el objetivo ulterior de buscar que se tenga una mejor idea sobre los SIPAS desde la agroecología, a fin de incrementar el número de experiencias de producción agropecuaria sustentable. Además, lo anterior hace posible mostrar el espacio agroecológico desde una perspectiva más técnica —a partir de la dimensión ecológica-productiva—, de tal manera que cuando el lector aborde los capítulos posteriores de esta obra, que versan directamente sobre los SIPAS, pueda validar razones, planteamientos y modelos a través de los cuales tenga la posibilidad de mejorar su sistema productivo y encaminarse a una agricultura sustentable más integral.

Los planteamientos de este libro permiten comprender mejor los enfoques y planteamientos que marcan brechas entre la agroecología como ciencia y la producción orgánica como forma o modelo de producción agrícola; la segunda contribuye a la primera, pero no consolida todo el entramado de las dimensiones de la agroecología (Sevilla & Soler, 2010). Desde otro ángulo, la agroecología es mucho más que la sustitución de

insumos de síntesis química por orgánicos o biológicos (Monje, 2011). Esto lleva a pensar en que la agroecología debe considerar fundamental, en su dimensión ecológica-productiva, a la agricultura sustentable, en aras de tener elementos claros para configurar una producción que respete sus otras dos dimensiones: la socioeconómica cultural y la dimensión política (Monje C. *et al.*, 2019).

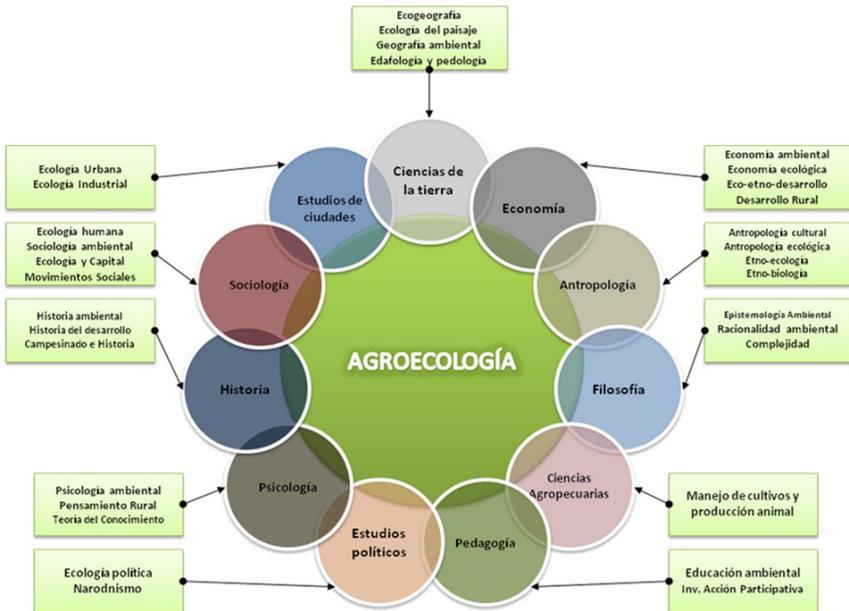
Se espera que los postulados que integran las secciones subsiguientes permitan al lector acercarse al contenido de los capítulos posteriores con la visión de la agroecología, sus planteamientos teóricos y la utilización de herramientas de la sustentabilidad para la agricultura y la ganadería. Para ello se mostrarán elementos simples que permiten hacer más medible todo este proceso, y proyectar mejoras prácticas que, a su turno, le permitan al productor en su predio ajustar su modelo para aproximarse al planteamiento de la producción agroecológica —la agricultura sustentable (Sarandón, 2002)—, sin desconocer que la aplicación del modelo de revolución verde ha dejado problemas en el ambiente, las personas y las esferas social, política y económica, cuyos efectos se hacen notorios en la actualidad (Ceccon, 2008).

Es entonces cuando, desde la teoría agroecológica se debe entender los elementos técnicos de la producción agropecuaria sustentable, y como estos desde los principios ecológicos se integran con los principios económicos y sociales (Altieri *et al.*, 1999). También es necesario comprender que estos últimos pueden variar en función de los espacios o lugares de tradición ancestral; como el manejo de semillas nativas únicas de esas zonas, y ahí establecer las consideraciones de cuál de estos principios se debe abordar primero. Es decir, correspondería plantear qué papel juega cada uno de dichos principios, desde una mirada ecológica y humana, que dé estabilidad a los procesos productivos y contribuya a una coevolución social y natural (Norgaard, 2006; Sevilla, 2006).

Si se pretende mostrar desde la agroecología un modelo integrado agropecuario, corresponde tener en cuenta los aspectos técnicos de la producción sustentable, habida cuenta de que el humano necesita suplir necesidades básicas (como la comida) y conservar sus espacios naturales. Ahora bien, es obligatorio valorar en este sentido los saberes locales y tradicionales (Toledo, 2003), al igual que los diferentes enfoques multidisciplinares que tiene la agroecología en tanto ciencia (**Figura 1**).

Ello conduce a ampliar los espectros de valoración de la producción —más compleja de lo que se puede considerar a simple vista (Morin, 1993)— por la implicación de las relaciones humano-naturaleza que se pueden originar de ellas, y cuyos resultados son tan variados como los comportamientos propios de las especies.

Figura 1. Componente disciplinar de la agroecología



Nota: El esquema muestra una aproximación a un buen grupo de disciplinas y ciencias que entregan elementos a la agroecología para su accionar académico, político y productivo.

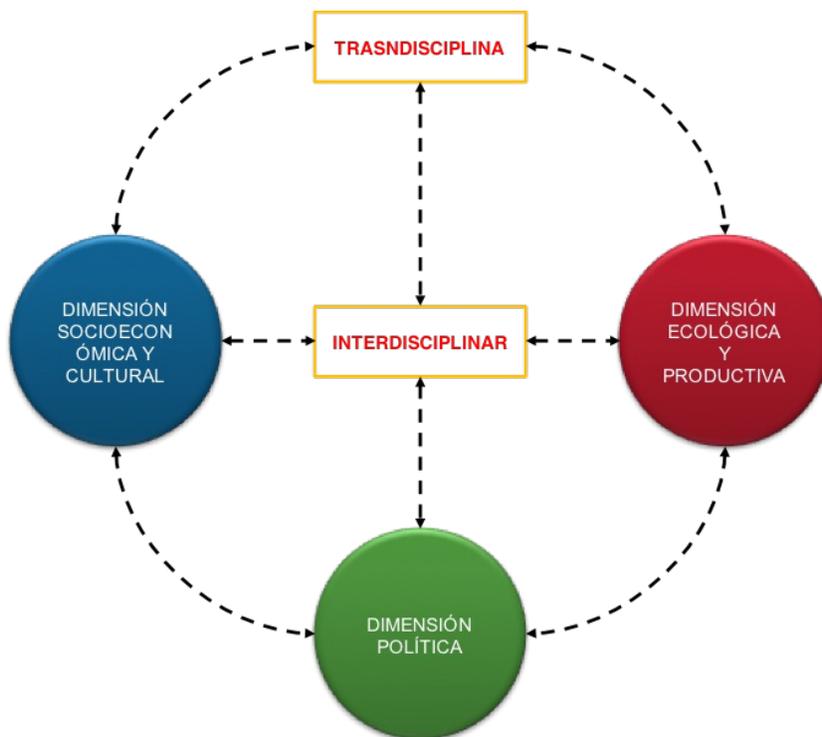
Fuente: Monje (2010).

Existen varias definiciones de la agroecología. Ello conduce a plantear que no existe un solo tipo de agroecología ni una definición única; al contrario, corresponde hablar de *agroecologías* que varían en función de la dimensión en que trasieguen los grupos que las aborden, habida cuenta de que, como rasgo ontológico, la especie humana tiende a buscar definiciones para casi todos los elementos. Nótese dos ejemplos de lo anterior: el primero corresponde al concepto de agroecología política acuñado en la región española de Andalucía (Calle *et al.*, 2013); se plantea allí que esta sea una política de salud pública, por las implicaciones en una alimentación saludable y socialmente aceptada.

El segundo ejemplo corresponde a los mercados orgánicos o agroecológicos, que no solo son importantes por los espacios de comercio justo para los productores, sino que también inciden en los ciudadanos que los visitan y realizan compras porque los inserta en un nuevo modelo de alimentación que, más allá de ser sustentable —sus atributos permiten considerarlo así—, es responsable porque los involucra en la corresponsabilidad del ser humano como especie con principios ecológicos. Esto es, hablar de modelos integrados de producción no quiere decir necesariamente que estos puedan ser sustentables, pues si estos —en los cuales se presenta una interacción eficiente entre animales, cultivos y conservación— no valoran sus componentes productivos a partir de las dimensiones de la agroecología (**Figura 2**) en los órdenes interdisciplinar y transdisciplinar, no pasarán de ser modelos que, pese a su posible eficiencia, seguirán atados a los principios del modelo convencional.

Con lo anterior, al plantear que se hace producción integrada de animales con plantas y que se ha considerado la agricultura sustentable como base, o bien que se construyen sistemas agropecuarios sustentables como una respuesta local al modelo agroalimentario dominante de grandes empresas, se está hablando de que estos aportan a la agroecología como ciencia que se hace con la gente (Funtowicz & Ravetz, 2000), pero que impacta de forma positiva a las comunidades. Además de favorecer un mercado más justo y una alimentación más sana y con menos impactos, dichos modelos protegen la salud alimentaria de los productores y representa una apuesta por lo local desde la producción, el consumo y el flujo de capital, concebidos como parte de un modelo de economía circular (Cerdá, 2016; González Ordaz & Vargas-Hernández, 2017; Vázquez-Barquero, 2000). Dicho de otro modo, se habla aquí de producción sustentable de alimentos; producción y apropiación de conocimientos locales; construcción de un discurso político que refuerza el modelo local y comunitario, y configuración de modelos de economía circular que pueden aportar a encarar los modelos globales y sus problemas, todo esto desde una estrategia de resistencia agroecológica (Calle *et al.*, 2013).

Figura 2. Relaciones interdisciplinares y transdisciplinares de la agroecología



Nota: Se muestra la manera en que lo interdisciplinar une cada una de las dimensiones de la agroecología, así como el modo en que lo transdisciplinar recoge y abraza el trabajo interdisciplinar. Lo primero depende de lo segundo para que el trabajo desde la agroecología tenga impacto en los espacios sociales. Fuente: Monje (2010).

Esbozar un modelo de producción bajo un concepto definido, con herramientas para su medición y propuestas para su implementación, configura un panorama de mayor amplitud para la agricultura sustentable y, desde luego, para la agroecología, pues plantea el uso de herramientas locales, el aumento en las salidas del sistema por las relaciones entre animales y cultivos, y un manejo ecológico de sus componentes naturales, entre otros. Así entonces, bosquejar un modelo como el de los SIPAS¹

1 No es un modelo de producción nuevo porque muchos campesinos, indígenas y productores rurales llevan muchos años practicándolo. Lo que sí es novedoso es su análisis desde una ciencia como la agroecología, que busca trascender más allá de los supuestos tecnistas y mostrar las

ha de partir del mencionado supuesto de que la agroecología es una ciencia multidimensional, no solo porque se hace con la gente (Funtowicz & Ravetz, 2000), o por su enfoque multidisciplinar (Méndez *et al.*, 2013), sino también porque trasciende a dimensiones no consideradas por la lógica científica formal; abarca espacios espirituales y sensoriales que no son de fácil explicación, pero se hacen evidentes en la relación humano-naturaleza, tanto en el aprovechamiento como en la conservación. En este sentido, el concepto de agroecología que más se ajusta al sustento de los SIPAS en la dimensión ecológica-productiva es el planteado por Eduardo Sevilla (2011):

La agroecología puede ser definida como el manejo ecológico de los recursos naturales a través de formas de acción social y colectiva que presentan alternativas a la actual crisis de modernidad, mediante propuestas de desarrollo participativo desde los ámbitos de la producción y la circulación alternativa de sus productos, pretendiendo establecer formas de producción y consumo que contribuyan a encarar la crisis ecológica y social, y con ello a restaurar el curso alterado de la coevolución social y ecológica. (p. 13)

Cuando se quiere mencionar los sustentos disciplinares que hacen de la agroecología una ciencia disciplinar, es necesario tener en cuenta el efecto “espía” en la aplicación transdisciplinar. Esto por cuanto se pueden involucrar en su desarrollo y aplicación muchas disciplinas o enfoques científicos que no le son afines (tanto en los modelos productivos como en los modelos sociales y políticos). También en ese mismo sentido, el acercamiento a la agroecología de instituciones, personas o empresas relacionadas con los modelos de revolución verde, en donde ellos, que han estado en la posición contraria a la agroecología, ahora pueden llegar a usar las apreciaciones de la agroecología en beneficio propio y de forma parcial (solo en lo que le es útil), pues solo participan buscando un lucro individual y no de construcción participativa como es tradición en la agroecología.

bondades de considerar un tipo de producción de ese estilo. Desde tal planteamiento se ha querido presentar este libro: es el resultado de un análisis de diferentes predios productivos y de una aproximación a las diferentes tipologías que puede tener un modelo SIPAS. Ahora bien, debe reconocerse que no es un trabajo acabado, sino el inicio de un camino muy interesante de trabajo con las comunidades.

Se parte, entonces, de la citada concepción de Sevilla (2011) respecto de la agroecología por considerarse la más ajustada a la realidad de esta en América Latina y el Caribe. A esto se suma el hecho de que la construcción del concepto de SIPAS requiere validar un modelo de agricultura en particular; pero, más que un modelo —porque existen muchas formas de hacer producción en la agroecología—, se usarán aquí las consideraciones teóricas planteadas desde la agricultura sustentable (Sarandón & Flores, 2014). Es decir, se abordará en esta obra la producción agroecológica desde los planteamientos de la agricultura sustentable como parte del quehacer de la dimensión ecológica-productiva de la agroecología, visto este como un enfoque multidimensional y fundamento de lo que se propone en este libro sobre los modelos SIPAS.

Es necesario ver los modelos SIPAS como parte de la nombrada dimensión ecológica-productiva de la agroecología y, a su vez, como un camino que, pese a ser largo y constante, representa la única alternativa disponible hoy para sostener una verdadera coevolución entre el desarrollo humano y la conservación natural (Norgaard, 2006). Esto demanda validar y valorar las herramientas, modelos y técnicas de la agricultura y la ganadería ecológicas, habida cuenta de que las formas de aplicarlas están reguladas por los recursos locales; desde ahí construir modelos sustentables para la producción agropecuaria; entendiendo la mejor forma de interrelacionar animales, cultivos, herramientas, recursos naturales, condiciones ambientales, perspectivas sociales, entre otras que pueden ser integrados bajo el concepto de los sistemas integrados de producción agropecuaria sustentable planteados en esta obra, que basa sus consideraciones en prácticas reales de campesinos, productores e indígenas, junto con los resultados y aplicaciones de evaluaciones participativas realizadas en Colombia y México.

El sustento de la agroecología

Las formas de ejecución de la agricultura, los desarrollos tecnológicos en materia de herramientas, insumos y uso de semillas, y los mejoramientos en las razas de animales —que, como se dijo, han coexistido con la especie humana por cerca de 10.000 años—, se han modificado sustancialmente en los dos últimos siglos, y en especial con el avance de cada revolución industrial. Estas han traído cambios que han influido en el trasegar de la agricultura tradicional histórica a la moderna, situación

a la que pretende aproximarse la agroecología; se la desarrolla desde las agriculturas moderna o tradicional, pero siempre tomando en cuenta que la primera tiene sus grandes bases en lo planteado por la revolución verde.

La agricultura moderna convierte los agroecosistemas en sistemas productivos lineales, al aplicar en su modelo principios de la economía y desatender elementos importantes de la ecología (Odum & Barrett, 2005). Además, involucra elementos de poder, de mercados globalizados y de modelos homogéneos en paquetes, semillas e insumos que generan poco a poco un monopolio cuyos efectos son enfrentados por agricultores en muchos países (Calle *et al.*, 2013), y afecta la salud de los consumidores de los productos, producidos bajo las apuestas de altos insumos de síntesis química que son impulsados por la revolución verde (Ceccon, 2008).

Se considera, entonces, que los modelos generados a partir de la revolución verde son *pseudoagriculturas* (Monje, 2011), pues en ellos se pierde la estructura ecológica de la agricultura tradicional histórica en los territorios: se adoptan modelos monoespecíficos en sus siembras, y manejos estandarizados por las casas comerciales de semillas y agroinsumos, generalmente con altos consumos de combustibles para la mecanización y cosechas. Todo esto se toma como una única forma de hacer agricultura —definida por quienes la promueven—, con lo que se desconocen su base histórica y los aprendizajes sucedidos de la práctica humana en sus entornos naturales (Sevilla & González de Molina, 1993).

Estos manejos “visibles” de la agricultura de revolución verde revisiten un alto grado de perversidad, dado tanto por el interés particular de lucro de las multinacionales como por la acción de estas en aras de dominar y someter a los productores agropecuarios para que adopten sus modelos. Y esto no se reduce solo al uso de semillas o insumos; también abarca intentos de bloquear iniciativas locales para el uso, manejo y distribución de semillas nativas (Silva, 2019) por la contaminación genética de sus semillas híbridas (en muchos casos por polinización cruzada), efecto natural por la cercanía de cultivos con este tipo de semillas en localidades donde también existen semillas nativas (Martínez-Orea *et al.*, 2009). Esto último lleva a procesos legales que enfrentan a pequeños y medianos productores con grandes oficinas de abogados de las empresas multinacionales, favorecidas estas últimas en muchos casos por

regulaciones especiales de protección (tanto a las empresas como a sus semillas), emitidas por los gobiernos nacionales (Lanegra, 2010).

Pero la revolución verde no es perversa únicamente por lo descrito, o por los modelos lineales no amigables con los espacios naturales de los territorios que desconocen la base ecológica de los ecosistemas y los agroecosistemas sustentables (Odum & Barrett, 2005). Lo es también por la pérdida de las dinámicas sociales en torno al acto humano de compartir semillas, conocimiento y trabajo, debido al fenómeno de empresa agraria “altamente rentable” que demanda una filosofía económica globalizante y desatiende el valor de lo local, desde la producción hasta los mercados (Gliessman, 2002).

Los trabajos que se realizan a partir de los principios y objetivos de la agroecología ponen en evidencia que la revolución verde y su estructura, insumos, manejos y planteamientos afectan la fertilidad natural de los suelos y muchos de los recursos naturales del entorno (Altieri, 2018). La situación se agrava porque su modelo repetitivo de mecanización no toma en cuenta espacios sociales, ambientales y culturales de los territorios y sus habitantes (Monje, 2011). El modelo, cuyos promotores defienden como único y verdadero bajo la premisa de poseer la verdad sobre cómo hacer agricultura, es, fundamentalmente, la aplicación de un modelo estándar, imponente y dominante de insumos, mecanización, semillas mejoradas, modelos comerciales, etc. con poco aprecio por lo local —recursos naturales, semillas nativas, conocimientos empíricos y manejos tradicionales, entre otros— (Martínez, 2008).

Un ejemplo de lo anterior se encuentra en la producción mundial de alimentos durante 2019: según datos de la plataforma Faostat², se produjeron 2978 millones de toneladas de cereales en ese año; de estas, 284 millones fueron aportadas por América Latina y el Caribe, dato sensible y digno de consideración porque estos productos constituyen en la base alimentaria de la humanidad (Rodríguez & Simón, 2009). Pero lo verdaderamente interesante radicaría, más bien, en saber cuánto de este porcentaje es orgánico y deviene de modelos campesinos de producción, asunto directamente relacionado con el desarrollo globalizado

2 Datos tomados de la plataforma Faostat, que registra datos estadísticos de la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

del mundo y, además, elemento muy sensible respecto del consumo responsable del que habla la agroecología. Ahora bien, lo que sí representa un peligro directo para la salud humana y los recursos naturales es el uso de insumos de síntesis química como los plaguicidas: durante 2018 se registraron más de 4 millones de toneladas usadas en el mundo, 1.329.563 de las cuales se usaron en América³.

Este modelo que se presenta como una agricultura moderna, de tendencia mundial, que aporta al desarrollo económico de los países y que en sus apreciaciones es capaz de solucionar el hambre en el mundo, no es más que una forma de implementar un gran mercado para los insumos, semillas y procesos biotecnológicos de unas pocas transnacionales con grandes capitales económicos, que usan a pequeños y medianos productores en su propio beneficio, y deterioran el entramado natural y sociocultural que forma parte de la verdadera agricultura de conservación: la agricultura tradicional campesina e indígena, por la multifuncionalidad que esta representa en los espacios naturales, sociales y políticos de los pueblos y las naciones (Atancez & Tió, 2000; Barrera *et al.*, 2019).

Es claro que las bases de la agricultura están registradas en su evolución con el humano; y que el modelo de revolución verde es realmente una hibridación del modelo tradicional histórico (Monje, 2011), que, en aras de lograr su aparente éxito, ha requerido grandes capitales para posicionarse: desde investigaciones fraccionadas en su propio beneficio hasta el destino de fondos que fomentan becas o apoyan escuelas agronómicas que, con su sostén, perfilan la formación de profesionales de ciencias rurales como futuros agentes para sus áreas comerciales (Nicola *et al.*, 2015). Estos centros también se convierten en los primeros espacios de pruebas o validación de los modelos, y ponen en los países las tecnologías de las empresas que los promueven. En último término, tanto el desarrollo de las tecnologías como las formas de uso en cada región o país, los registros de propiedad y los derechos de uso pertenecen a las empresas, que no aportan a la equidad en los modelos rurales. Es decir, el modelo de revolución verde trasciende al proceso educativo de profesionales para la ruralidad, con lo que convierte la formación de agrónomos y veterinarios en una parte más de su andamiaje: la producción de agentes

3 Datos del registro de uso de plaguicidas e insecticidas de la plataforma Faostat.

técnicos que los representen en los espacios donde puedan usarse sus otros productos.

La respuesta al planteamiento de la revolución verde consiste en cambiar la visión lineal de la producción agropecuaria y entender que esta se da desde la coexistencia social y natural (Barrera *et al.*, 2019; León, 2009; Norgaard, 2006), que aborda, desde la incertidumbre, los complejos sistemas sociales y los entramados de su relación con los modelos ambientales del entorno humano, todo esto bosquejado desde los límites que plantea el compartir una casa común⁴. Toma entonces un gran valor el conocimiento tradicional, histórico y aprendido durante mucho tiempo por parte de las comunidades locales, los indígenas y los campesinos sobre el uso sustentable de los recursos, reconociéndose la necesidad humana de intervenir la naturaleza para abastecer su cotidiana necesidad de comida, fibras y medicamentos.

La agroecología desarrolla su entramado teórico basándose en los cuestionamientos anteriores. Para la producción se sirve de los planteamientos de la agricultura sustentable, cuyo principio radica en que el cambio debe estar en la forma como se desarrollan la agricultura y la ganadería en el mundo (Sarandón, 2002). Se toma en cuenta en este sentido la minimización del uso de insumos de síntesis química y, en lugar de ello, se retoman procesos campesinos con tecnologías locales, al tiempo que se les plantea una nueva forma de ver el consumo a las producciones agropecuarias campesinas, y se promueve el cambio en la visión consumista de los habitantes de los centros urbanos de la “moderna sociedad mayor” (Sevilla, 2011, p. 110).

Tanto la agroecología como el planteamiento de la agricultura sustentable demuestran que el modelo de revolución verde es insustentable (Cieza & Flores, 2007): hacen evidentes los impactos negativos que este tiene en los agroecosistemas, incluidos el deterioro constante en la fertilidad del suelo por los daños a sus componentes minerales y sus

4 La *casa común* es una frase que engloba el compartir la conciencia de cuidado por parte de los seres humanos para con los seres naturales, desde el principio de un límite real planetario, que demanda una responsabilidad en el uso consciente de los recursos que le compete al humano. Este término ha tomado fuerza a partir de la consideración que hace su Santidad el Papa Francisco en su Carta Encíclica *Laudato Si'* sobre el cuidado de la casa común.

dinámicas biológicas (Amaya Mantilla, 2018; Gómez-Puentes *et al.*, 2020; Navarro Bravo *et al.*, 2012), y la contaminación de fuentes de agua, aguas subterráneas y acuíferos que son el suministro de comunidades humanas y naturales (Gómez-Puentes *et al.*, 2020; Pacheco A. *et al.*, 2004).

¿Pero cuáles son las características principales que hacen insostenible el modelo? Según Santiago (2002), los siguientes rasgos marcan una generalidad visible en cualquiera que adopte el modelo de revolución verde:

- Altos impactos ambientales por sus acciones productivas.
- Erosión en diferentes niveles (genética, cultural, ambiental) que contribuye de forma negativa al cambio climático.
- Dependencia de insumos: combustibles, mecanización y agroquímicos de síntesis industrial.
- Resistencia de artrópodos y de las hierbas espontáneas en los cultivos al uso de controles químicos.
- Aumento en el uso de agroinsumos en tiempo por cada cosecha, derivado de las consideraciones anteriores.
- Modelo selectivo de productores, solo utilizable con una inversión económica considerable.

Los rasgos anteriores marcan los puntos por abordar en aras del cambio. Buena parte de las acciones relacionadas con esto último vienen de las mismas investigaciones de universidades, centros y escuelas agroecológicas que muestran prácticas diferenciales con resultados mejorados (Monje, 2011), mientras otras se derivan de trabajos colectivos de organizaciones sociales, campesinas e indígenas (Calle *et al.*, 2013), esto es muestra de las bondades de la agroecología en las esferas filosófica y práctica —que la hacen multidimensional—.

En los apartados que siguen se abordarán los fundamentos que soportan los espacios productivos de la agroecología, contenidos en la agricultura sustentable como concepto global, a partir de los cuales se fundamentan muchos de los modelos de agricultura que coexisten con ella.

Agricultura sustentable: eje productivo de la agroecología

Por la pertinencia que la agricultura sustentable reviste para la agroecología, han llegado a construirse múltiples definiciones de la primera que se distinguen por los rasgos que las hacen particulares para un lugar, una asociación campesina o un grupo de investigación. De ellas se retoma aquí la aportada por Roberto García Trujillo (2003):

Una agricultura sustentable es aquella que, en el largo plazo, promueve la calidad del medio ambiente y los recursos base de los cuales depende la agricultura; provee las fibras y alimentos necesarios para el ser humano; es económicamente viable y mejora la calidad de vida de los agricultores y la sociedad en su conjunto. (p. 29)

Para el caso concreto de los SIPAS es importante la definición expuesta por Sarandón y Flores (2014):

[La agricultura sustentable] (...) es aquella que permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades alimenticias, socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que lo soportan. (p. 52)

Cinco razones justifican elegir estas dos definiciones en desmedro de otras:

- Consideran el tiempo como elemento básico en la integración de los modelos productivos, a través de la cual se entiende que la agricultura sostenible no es parte de un modelo lineal, sino un sistema integrado.
- Toman la producción agropecuaria como elemento primordial en la alimentación humana; esto es, entienden que de una producción orgánica depende la salud del consumidor.
- Tienen en cuenta ambientes naturales, sanos y equilibrados como valor para que la alimentación se integre desde valores ecológicos en la evolución de los sistemas productivos y sociales.
- Entienden que en los modelos productivos se debe tener en cuenta la existencia de flujos que los dinamizan, los cuales deben ser potenciados para reducir impactos con los entornos naturales.

Con lo dicho, cabe afirmar que la agricultura sustentable es el planteamiento que da valor epistemológico a la producción agroecológica, y fundamenta y fortalece su dimensión ecológica productiva. En este sentido, hablar de agricultura sustentable es considerar los elementos técnicos productivos y las consideraciones ecológicas de la agroecología, necesarios para poder entender el total de los objetivos ambientales, sociales y económicos que se plantean para su aplicación en modelos rurales que contribuyan a encarar las actuales crisis sociales y ambientales causadas por la revolución verde (Sevilla & Woodgate, 2013).

Para entender la inmersión de la agricultura sustentable en la agroecología, y cómo (a partir de las dos definiciones citadas) esta fundamenta y fortalece la dimensión ecológica-productiva, corresponde conocer los principales impedimentos a dicha integración (Sarandón & Flores, 2014, p. 44):

- Separación del humano frente a su responsabilidad con el medio ambiente y, bajo la falsa percepción de que este último es infinito e inagotable, motivación a usarlo para satisfacer su consumo insaciable.
- Concepción de que el rendimiento por espacio físico es el fin último de la producción y que de esa forma se obtiene el éxito, en especial si la producción se da en corto tiempo.
- Creencia de que la verdadera visión corresponde a la revolución verde, bajo la cual el ambiente ha de adaptarse a las semillas mejoradas para garantizar el rendimiento.
- Visión del modelo como una sola unidad, esto es, como una sola expresión, en lugar de un conjunto interrelacionado e interdependiente, lo cual configura una situación de reduccionismo filosófico.
- Exceso de confianza en la tecnología y en los insumos del modelo como la fuente última de la solución, sin consideración frente a las dinámicas biológicas y naturales.
- Falta de atención al hecho de que los modelos de cultivos — agroecosistemas— son, en sí, una copia de los ecosistemas naturales, por lo que sus diseños deben ser muy cercanos a estos.

- Falta de formación especializada y experiencia de los profesionales del agro en los principios y objetivos de la agricultura sustentable, al igual que en la forma de aplicarla y evaluarla.
- Ausencia de aplicación de una visión sistémica en los modelos productivos, con lo que no se toman en cuenta respuestas biológicas que permitan prevenir deterioros ambientales futuros.
- Falta de concepción de la ética como un elemento de valor a partir del cual se valore la corresponsabilidad social y natural en la producción agropecuaria.
- Ausencia de valoración de los costos ambientales de la producción, y consecuente favorecimiento del ingreso económico en desmedro de la riqueza del capital social y natural.
- Falta de aplicación del concepto de sustentabilidad en los predios productivos que, con una evaluación constante (desde lo local), permita crecer en cuanto a modelos agroecológicos.
- Creencia de que los mercados convencionales, de cadenas lineales de comercio, son el objetivo final de la producción agropecuaria.

La comprensión de estos impedimentos brinda elementos para la implementación de modelos sustentables de producción agropecuaria, dado que llevan a pensar en que el problema de fondo no radica en ella, sino en la forma como ha de llevarse a cabo y en los elementos a tener en cuenta para que el modelo de vida humana y los espacios naturales coexistan. Aún más, frente a tales escollos se abre la posibilidad de plantear consideraciones respecto a la formación de los nuevos profesionales para el mundo rural⁵.

5 Considerar un nuevo modelo de formación de profesionales para el mundo rural no debe reducirse a la sustitución del formato vigente. En lugar de ello, ha de plantearse un cambio de paradigma en la forma de ver y entender la producción agropecuaria desde la visión de la sustentabilidad. También es necesario entender que todos los profesionales, al margen de las disciplinas que ejerzan, pueden desarrollar su labor para la ruralidad en un momento determinado, por lo que el enfoque propuesto aquí debería ser transversal para todos los programas de ese nivel de formación.

La agricultura que forma parte de los modelos agroecológicos debe practicarse a partir de las consideraciones de la agricultura sustentable, de tal modo que contribuya a subsanar las afectaciones causadas hasta hoy por el modelo de revolución verde (Ceccon, 2008). Sin perder de vista los impedimentos mencionados, ha de cumplirse con las siguientes premisas, básicas para considerar necesidades actuales y futuras (Sarandón & Flores, 2014, p. 53), en el ejercicio de la agricultura; así entonces, esta debe ser:

- Suficientemente productiva según su nivel de análisis.
- Económicamente viable a largo plazo y en consideración a los costos ambientales.
- Ecológicamente adecuada, de tal manera que en la producción se tome en cuenta la conservación de los recursos naturales y se los preserve en su mejor dimensión natural, desde lo local hacia lo global.
- Cultural y socialmente aceptable, con respeto por las consideraciones de las comunidades locales desde sus propias dinámicas.

Las premisas anteriores deben cumplirse en conjunto porque son complementarias, esto es, la ausencia de una de ellas causaría desequilibrios en las demás si se las analiza a la luz de los rasgos y enfoques de la agricultura sustentable (**Tabla 1 y 2**). Ahora bien, es necesario entender que este proceso toma tiempo: implica tanto metas tempranas importantes y fáciles de implementar como objetivos a mediano y largo plazos de naturaleza más compleja. También demanda un proceso de visión holística que contemple la ecología y la ética como asuntos obligatorios que permitirían al productor hacer *lectura* de las respuestas de su modelo en su interacción con el ambiente natural.

Tabla 1. Comparación de rasgos: revolución verde frente a la agricultura sustentable

Revolución verde	Agricultura sustentable
Modelos productivos a corto plazo	Modelos productivos a largo plazo
Su objeto es la producción.	Su objeto es la sustentabilidad.
Hace énfasis en el rendimiento.	Su énfasis son los agroecosistemas y los ecosistemas relacionados.
No incorpora el costo ambiental.	Valora y considera los costos ambientales.
Sistemas simples y lineales	Sistemas complejos y dinámicos
La biodiversidad como insumo	La biodiversidad como soporte de la vida

Fuente: Sarandón y Flores (2014, p. 59).

En ese sentido, es correcto afirmar que comenzar la implementación de un modelo de agricultura sustentable trae de suyo transitar por la agroecología porque, más que una meta definida, esta última es un camino que se debe andar, y en dicho trasegar se aprende y se comparte (Minga, 2017).

Tabla 2. Comparación de enfoques: modelo de revolución verde frente a la agricultura sustentable

Revolución verde	Agricultura sustentable
Reduccionista	Holístico
Un solo tipo de agricultura	Diferentes formas de hacer agricultura
La ética: un valor que se puede evadir.	La ética como valor fundamental
Falta de una óptica sistémica	Empleo de una óptica sistémica
Se da mayor importancia a los componentes para introducir.	Se da mayor importancia a las interrelaciones dinámicas de las entidades involucradas.
Reducción o mala definición de los límites del sistema	Ampliación y redefinición de los límites del sistema
Solo reconoce el conocimiento científico.	Integra el conocimiento científico con el empírico.
Lo local no es importante.	Lo local es la base del potencial endógeno.
El territorio solo tiene un uso: la producción.	El territorio tiene usos múltiples: producción, turismo y servicios ecosistémicos, entre otros.
Resta importancia a aspectos socioculturales.	Las consideraciones socioculturales forman parte de la planificación en el territorio.
Su base productiva son los insumos industriales de síntesis.	Su base productiva son las tecnologías locales basadas en procesos.
El modelo es diseñado desde las empresas por sus investigadores.	El modelo productivo es diseñado de forma participativa con participación de los actores involucrados.

Fuente: Sarandón y Flores (2014, p. 59).

Los primeros signos del tránsito hacia la agroecología se hacen visibles en los cambios del modelo productivo. Al respecto, la agricultura sustentable ostenta enfoques de cambio susceptibles de medirse (Barrera *et al.*, 2019; Maserá *et al.*, 2000; Monje *et al.*, 2015; Sarandón & Flores, 2009), con los cuales se posibilita hacer seguimiento a los avances en su implementación⁶ y la validez de esa transición.

Corresponde reiterar que el tránsito por la agroecología es una evolución permanente y, por ende, la implementación de la agricultura sustentable también debe serlo; si bien ha de amoldarse a las particularidades de cada espacio, sus principios y enfoques están definidos (Sarandón & Flores, 2014). Ahora bien, en momentos posteriores de la implementación podrán surgir muchos más elementos de validación, que sustentarán tanto las consideraciones conceptuales particulares elegidas en cada caso como las experiencias técnicas productivas. Esto hace que la labor de seguimiento y documentación de cada proceso adquiera un valor significativo.

Es necesario que se considere siempre la posibilidad de compartir cada logro con una comunidad académica —a través de la participación de investigadores en agroecología en los modelos técnicos productivos— para trascender en la masificación de la agroecología; existe ya una gran comunidad científica en gran parte del mundo que involucra también los conocimientos empíricos de productores, campesinos e indígenas como conocimientos válidos para la ciencia agroecológica. Pero esta acción de compartir conocimientos también se debe dar en escalas socioculturales cercanas, con lo que, desde lo local, debe prestarse especial atención a los tres retos básicos del agroecólogo⁷, a saber:

-
- 6 Hacer seguimiento a la implementación no es una “camisa de fuerza”, pero constituye un argumento a favor de la práctica de la agroecología como respuesta válida al modelo de revolución verde y, en la misma línea, sustenta el hecho de que sus impactos se pueden hacer evidentes gracias a esas validaciones. En este sentido, todo registro de seguimiento aporta datos científicos y técnicos (tomados en campo por los mismos productores o por un equipo de trabajo interdisciplinar) que demuestran la validez de las consideraciones de la agroecología.
 - 7 Estos tres retos son resultado del trabajo de más de 12 años de duración, orientando a un curso técnico-productivo del Programa de Ingeniería Agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO en Bogotá. Muchas consideraciones y aportes de los estudiantes durante el curso, junto con las retroalimentaciones de los graduados, han llevado a establecer que estos tres retos son los más importantes a los que un agroecólogo se debe enfrentar en su vida profesional.

1. Ser productivo, con una alta eficiencia energética y financiera, y desde un modelo abierto que permita ser implementado en otros espacios productivos y permita encontrar un punto de equilibrio natural y económico.
2. Ser influyente y asertivo tanto en el diálogo como en la experiencia ecológica productiva, de tal manera que incida de forma positiva en su comunidad circundante.
3. Disponer de argumentos técnicos y epistemológicos que le permitan sustentar su modelo productivo y dar valor académico a su accionar agroecológico; esto es, que su discurso trascienda en la comunidad.

El valor fundamental de la agricultura sustentable radica en la forma como se implementa. Sus variados modelos productivos ostentan lineamientos fijos que se pretende alcanzar con el cumplimiento de parámetros finitos, en una conversión que entrega la oportunidad de leer las relaciones ecosistémicas para realizar implementaciones productivas desde las consideraciones de la coevolución social y natural (Norgaard, 2006; Treves & Bonacic, 2016), reconociéndose las interrelaciones potenciales y reales de estos sistemas productivos bajo los fundamentos de las dimensiones de la agroecología (Gliessman, 2002). Estas brindan un gran número de opciones para el diseño y la implementación de este tipo de modelos productivos a partir de las ofertas naturales y sociales en el territorio, las cuales aportan a encarar las afectaciones de los modelos de revolución verde.

El reto de investigar para la agroecología

Tanto por sus enfoques como por la integración multidisciplinar que trae su aplicación, cabe afirmar que la agroecología se debe considerar una ciencia que, además, trasciende en los espacios donde se implementa porque excede los alcances de las ciencias formales (Funtowicz & Ravetz, 2000). La incertidumbre se considera una de sus fortalezas porque se reconoce en su aplicación que las respuestas de la naturaleza a la intervención humana demandan una interpretación transdisciplinar, que sirva para subsanar las necesidades básicas del humano sin irrespetar los espacios de evolución y desarrollo natural de los espacios ambientales.

La agroecología como ciencia debe tener una gran base técnica para que desde la producción se aporte a la conservación y, con ello, se diseñen y evalúen modelos campesinos y de comunidades étnicas, esto es, estrategias abiertas que dejen huella donde se implementen. Cabe reiterar que esto implica reconocer el hecho de que cada espacio natural tiene particularidades productivas no estandarizables, y que cada modelo (y, con él, sus componentes políticos y naturales) requiere un proceso de evaluación social encaminado a revisar las respuestas del territorio ante el manejo que se le dé.

Con lo anterior, los principales retos de investigación de la agroecología siempre han estado en los territorios, en sus relaciones humano-naturaleza (León, 2009; Monje, 2007; Rivera-Núñez, 2020) y en la interpretación que se hace de los modelos productivos con apoyo multidisciplinar para su análisis. En esta línea, y como se ha reiterado, los diseños, manejos e implementaciones que permitan una producción cada vez más sustentable deben acompañarse de una evaluación constante de las respuestas de los agroecosistemas, las dinámicas sociales y los constructos políticos que, por lógica comunitaria, emergerán (Calle *et al.*, 2013).

La integración fundamenta la dinámica agroecológica: cada componente del sistema entrega un valor preponderante que aporta a su propia dinámica, y este último puede llegar a espacios no considerados por los modelos formales y convencionales. Ejemplo de ello se encuentra en la dimensión espiritual, que ya no solo es evidente en comunidades étnicas; también se hace visible en campesinos que la abordan de forma diferente, pues involucran el valor sentimental de su ser en sus espacios productivos o sus animales.

Lo anterior plantea otro reto: entender las diferentes formas productivas en las que el animal toma parte importante en cada modelo o sistema. La respuesta a este desafío, que involucra estrategia, lleva a un cuestionamiento relacionado con uno de los citados retos básicos del agroecólogo: ¿cómo definir y conceptualizar un uso eficiente de recursos para establecer modelos integrados sustentables de producción agropecuaria? He aquí el énfasis de la investigación que dio origen a este libro. Se reconoce en este sentido que la evolución humana se ha desarrollado en conjunto con el uso de los recursos naturales para la subsistencia de la especie, y que el animal siempre ha estado ligado a esta evolución

(Chirgwin, 1997; Mondini *et al.*, 2015; Sloninsky, 1985), pues ha entregado mucho más que carne, leche, huesos y piel; también forma parte de su dimensión espiritual, pues le colabora al ser humano con labores de transporte, carga y compañía. Se reconoce, incluso, que esa relación lleva al humano a asignar nombres a los animales para identificarlos y diferenciarlos de otros coespecímenes con base en particularidades como su comportamiento y rendimiento en trabajo o producción, entre otras (Arcken, 2011).

Lo anterior trajo consigo la oportunidad de plantear el desafío de entender estas integraciones desde una nueva construcción epistemológica que en muchos casos se nombra, pero no se había abordado como una investigación que hiciera construcciones epistémicas para intentar definirla de mejor forma. Se llega entonces a delinear SIPAS que, sustentados en bases epistémicas, brinden bases para enriquecer la dimensión ecológica-productiva de la agroecología y las herramientas que permitan implementarla, evaluarla y monitorearla en pro de su crecimiento.

Si se valora el alcance de la dimensión ecológica-productiva de la agroecología como la aplicación de principios de la ecología a la producción agropecuaria (Gliessman, 2002), es posible indicar que también deben considerarse las funciones ecológicas de los animales en sus entornos naturales, valorando sus aportes dimensionales en la dinámica sociocultural y económica en que se involucren. Ahora bien, no se los debe valorar como especies en su espacio natural, sino como entidades productivas en modelos más complejos de producción. Referirse a estos últimos implica flujos de aportes y servicios que se consideran desde la complejidad dinámica de la naturaleza (Morin, 1993).

Con lo dicho, el reto planteado para esta investigación radicó en encontrar modelos productivos existentes que se ajustaran al concepto base de los SIPAS (García-Molano, 2016); conocerlos para validar sus procesos productivos; hacer una modelación de sus flujos y dinámicas (Odum & Barrett, 2005); entenderlos desde sus dinámicas particulares, e intentar aproximarse a sus tipologías. Pero, si bien se centró la atención en lo anterior, no puede dejar de reconocerse la existencia de otras áreas que también plantean retos muy importantes y necesarios, abordables desde la conceptualización de los SIPAS. Desde las consideraciones de

la agricultura sustentable (Sarandón, 2002), podemos enumerar los siguientes:

- Eficiencia y rentabilidad de la producción agroecológica a mediano y largo plazos.
- Niveles de riesgo climáticos en sistemas agroecológicos y su capacidad de resiliencia.
- Evaluación de la degradación de recursos naturales en sistemas productivos agroecológicos.
- Generación de residuos en sistemas agroecológicos en comparación con los convencionales.
- Uso eficiente de la energía e implementación de energías alternativas con un análisis de costos (incluidos los ambientales).
- Relaciones ecosistémicas con énfasis en redes ecológicas como elementos de regulación de artrópodos y polinización, entre otros.
- Análisis de la productividad potencial de los modelos agroecológicos en materias de operación y ampliación, en aras de la comprensión de otras agroecologías.

A la par con los anteriores, surgen desafíos de investigación relacionados con las dimensiones socioeconómica, cultural y política (Sevilla & Woodgate, 2013), relacionados a su turno con los retos básicos 2 y 3 del agroecólogo. Son los siguientes:

- Ejecutar procesos colectivos en las comunidades frente a la implementación de modelos agroecológicos.
- Componer modelos locales de transferencia de experiencias desde la noción del *aprender compartiendo*.
- Buscar nuevos mercados alternativos y ampliar la expectativa de consumo agroecológico.
- Construir redes de consumo responsable como elemento que aporte a la construcción de la agroecología desde la base productiva hacia lo social.

- Desarrollar resiliencia como una necesidad, más que como una alternativa.

Si bien la agroecología tiene líneas definidas de trabajo, ello no implica que el planteamiento agroecológico esté cerrado a lo existente. Por el contrario, existe la posibilidad de generar nuevos espacios agroecológicos; nuevas formas de vidas sustentables que, en lugar de dividir, suman, respetando y ampliando cada una de las dimensiones de esta ciencia multidisciplinar con trascendencia con y para la gente, porque desde su accionar se hace transdisciplinar, se hace con la gente, enfrentando la citada incertidumbre.

Bajo esta premisa se desarrollará el capítulo siguiente, que atenderá un reto interesante: componer un planteamiento técnico sobre la información disponible respecto de los modelos integrados de producción agropecuaria sustentable que aportan a la dimensión ecológica-productiva, habida cuenta de la dinámica e integración que forman parte de ello.

CAPÍTULO 2

Concepto de los SIPAS

Aproximación al modelo conceptual de los SIPAS

Como se mencionó, son muchos los criterios que determinan la historia de la relación entre el ser humano y la agricultura. Entre ellos se encuentra el grado de adaptabilidad del humano como especie, especialmente la que está ligada a su movilidad y a los territorios que habitó y habita, y con esto, el conocimiento adquirido que le permitió domesticar especies animales y vegetales (Sloninsky, 1985). En relación con estas últimas, domesticarlas obligó a la especie humana a adoptar técnicas para manejarlas, sembrarlas, cosecharlas y demás labores propias de su cultivo, transformadas a la postre en ejercicios culturales que la ligan con la especie domesticada.

Esta misma consideración se hace en la relación entre el humano y los animales. Más allá de la caza, ese vínculo estrecho se evidencia en la domesticación, cuya aparición se remonta a 31.000-41.000 años antes del presente (AP) para el perro (Treves & Bonacic, 2016), y a 10.000 años AP para la cabra (Zeder & Hesse, 2000), por mencionar algunos ejemplos. Al respecto, se ha señalado que la domesticación de animales se dio primero que la de plantas (Valadez, 2003). Si bien esto último es un tema interesante de discusión, puede deducirse desde la premisa de uso:

algunos animales se domesticaron por la necesidad de construir parte de la dieta humana —carne y leche—; por su piel, para abrigo y vestidos; por sus huesos, para desarrollar herramientas, y por su capacidad para el arrastre de carga, a lo que se sumaban otros productos.

Una de las premisas de la evolución humana fue la independencia, que aún hoy se puede sentir en el quehacer cotidiano de las personas. Independizarse de las limitaciones climáticas con el dominio del fuego, así como domesticar especies animales y vegetales, independizó la especie de la trashumancia por la búsqueda de alimentos y de esa ligazón periódica con determinados ecosistemas o zonas naturales (Valadez, 2003). Así entonces, el papel del animal en la historia ostenta importancia (Sloninsky, 1985) porque el aprovechamiento de sus bondades ha hecho posible el grado de desarrollo que alcanza hoy la humanidad. Más que alimento, pieles, fibras y huesos, los animales han sido importantes en el desarrollo de conflictos bélicos, conquistas, armas, etc. que han formado parte de la configuración de elementos históricos importantes para la evolución de la especie humana y su existencia en el territorio.

Muy poco se ha investigado sobre ese rol histórico, y los pocos trabajos disponibles al respecto tampoco son los más actualizados, pero estos destacan, fundamentalmente, la pérdida de esa relación animal-humano, en especial respecto de las funciones de carga y mecanización, debido al avance tecnológico actual (Monje, 2011). Sin embargo, en algunos lugares de Colombia y México aún se ve con agrado que el animal cumple una función importante en ese sentido, y ello lo constituye en eje articulador con otras tantas labores y funciones aportantes a los modelos productivos.

Existe un buen grupo de investigaciones que han considerado la integración de los animales en sus modelos de producción; tal es el caso de los sistemas agroforestales (SAF), en los que se vinculan árboles, cultivos y animales (Argüello-Rangel *et al.*, 2019). No obstante, la evaluación de la mejora en la sustentabilidad causada por la implementación de esos sistemas de producción parece ser aún una tarea pendiente, sobre todo en aquellos sistemas en que el animal asume el citado rol de elemento articulador de los modelos sustentables de agricultura (Sarandón & Flores, 2009).

Pero cuando se intenta teorizar sobre los SIPAS como modelo integral de planificación predial basado en la integración total de los animales en función ecológica, apoyo al trabajo, producción y productos secundarios no sacrificantes, se percibe que el conocimiento sobre este enfoque no está muy avanzado. Existen iniciativas particulares sobre el asunto y en Colombia se ha venido avanzando en ello: por ejemplo, existe una tesis de Ingeniería Agronómica que planteó el siguiente concepto, considerado base del trabajo que se realizaría como parte de la investigación que dio origen a este libro:

Los Sistemas Integrados de Producción Agropecuarios Sostenibles (SIPASS) [sic] están basados en la interrelación suelo-planta-clima-animal, influenciados a su vez por factores bióticos y abióticos, los cuales contribuyen a determinar de forma específica el hábitat de cada uno de los organismos que conforman los sistemas biológicos y de flujo de energía, ya sea que pertenezcan a sistemas agrícolas, pecuarios o forestales (Trochez, 2016, p. 56).

Desde esta percepción, es posible decir que la teorización que se está construyendo sobre el concepto, la teoría, la práctica y las realidades de los SIPAS en América Latina es aún incipiente. Si bien existen estudios sobre producción animal sostenible, sistemas agroforestales, dietas animales sostenibles y modelos ganaderos agroecológicos, la aplicación y evaluación de los SIPAS requiere avances mayores para entender su funcionalidad, sustento y aportación a la agroecología en los sistemas que incluyen al animal como un elemento más completo e integral en la producción agropecuaria sostenible.

Esta teoría tiene su fundamento en uno de los grandes retos que plantea la agroecología (Gliessman *et al.*, 2007; León, 2009; Monje, 2007). Como se ha reiterado, los animales en los sistemas productivos cumplen un papel mucho más integral que la desnuda producción de carne o leche —por simple o complejo que se quiera teorizar—, pues también aportan a los ciclos internos de los sistemas agropecuarios en la recirculación de materia y energía, tema muy poco fundamentado.

Para entender este planteamiento, es posible iniciar una explicación contando que en la historia humana existen eventos que determinaron del desarrollo de esta especie en sus espacios naturales —la elaboración de armas, el uso del fuego, el aprendizaje sobre plantas para la

alimentación—, y que en la agricultura pueden establecerse tres momentos importantes: el manejo de la semilla; los procesos de mecanización para aumentar la productividad, y las modificaciones genéticas para lograr especies nuevas (Maroto, 2014). Pero hoy se puede mencionar un cuarto evento: el uso de la electrónica para la agricultura, o *agrónica* (Calderón, 1991; A. Pérez *et al.*, 2006).

Se puede sugerir que el primer evento del desarrollo del hombre y el primero de la agricultura marcaron el modelo actual, pues iniciaron la configuración de todo el proceso agrícola —en el caso de las semillas— y las herramientas le deben en gran medida su estado al desarrollo de armas (Maroto, 2014; Sanchez, 1980). Estos dos hechos determinaron las principales características de la agricultura de hoy: el uso de herramientas —incluidos los animales— para su implementación y práctica, junto con desarrollos tecnológicos, han marcado la colonización de zonas baldías y la modificación de ecosistemas naturales, la generación de empleo y, además, el citado uso de especies animales para la producción de proteína y otros derivados de consumo, o para mecanización y carga. En conjunto, todo esto complejiza la forma de ver, entender y practicar la producción agropecuaria (Morin, 1993).

Existen teorías que pueden aportar a las consideraciones teóricas de la relación entre el humano y la agricultura, y sus aportes en la coevolución de ambas partes. Como ejemplos de esto último pueden mencionarse el papel del trabajo, las modificaciones al territorio, el mencionado desarrollo y uso de herramientas, la modificación del paisaje y las construcciones de infraestructura, entre otros, que buscaron configurar espacios humanizados (Odum & Barrett, 2005) para pasar de vidas mayormente rurales a grandes concentraciones en zonas urbanizadas (Monje, 2007). Esta apreciación nos muestra la importancia de entender estos modelos para explicar la teoría de los SIPAS, y el valor que trae entenderlos, estudiarlos y difundirlos —uno de los propósitos de este libro—.

Así la agricultura, más que multifuncional (Atancez & Tió, 2000), es, como la agricultura, multidimensional: además de sus funciones económicas, sociales, políticas y ambientales, por nombrar algunas, ostenta otras que trascienden en su práctica y desarrollos; involucra estados anímicos que afectan a quien la practica para su pervivencia, a quien consume los productos que de ella se derivan, y la relación que

el productor establece con quienes consumen sus productos para fines de alimentación o comercio. Los animales ocupan un título importante en este espacio multidimensional, a tal punto que se los ha involucrado en espacios sociales anteriormente reservados para los humanos, que ahora son compartidos con las especies domesticadas. En algunos casos, incluso, muchos de ellos ya forman parte de la familia, pues llega a involucrarse en actividades como cumpleaños, matrimonios, etc. Los animales de las granjas no escapan de esto: el concepto de calidad de vida también se ve aplicado en ellos, aun cuando se los domestique con fines comerciales productivos o de consumo.

Ahora bien, en la construcción teórica que se propone aquí, el papel funcional de los animales en las granjas se concibe como uno que les provee otras opciones, con lo que se integran en el concepto productivo sustentable de los SIPAS (García-Molano, 2016), mucho más nuevo. Esto último permite ver el animal como un elemento ecológico funcional más integrado, propicio a aportar más y con la capacidad de ser objeto de mejores formas de producción desde/para la agroecología, su implementación y su práctica.

El animal se erige, entonces, en un elemento a evaluar en la sustentabilidad. Más allá de suministrar carne, fibras, pieles, huevos o leche, enmarca un entramado histórico con el ser humano en su evolución agropecuaria que comprende beneficios, aportes, sentimientos y espiritualidad, con el que su funcionalidad trasciende a espacios dimensionales mucho más complejos, tales como sentimientos, aportes y ritualidades (Monje, 2011; Sarandón & Flores, 2009). En consecuencia, el proceso para teorizar sobre los modelos SIPAS se debe llevar a cabo desde la aproximación a un concepto *englobante* del mismo: han de tomarse en consideración los aportes de los modelos productivos agroecológicos, pero sin dejar de considerar al animal como eje central de los mismos.

El sustento para aproximarse a una definición de los SIPAS desde la observancia de la agroecología puede resumirse en cuatro postulados:

- La agricultura histórica fundamentó las bases de la producción agrícola de hoy.
- La agricultura de hoy pasa por una crisis ecológica, originada en procesos mal entendidos y aplicados de modernidad, evolución, tecnología y de uso de productos comerciales.

- Esta nueva agricultura se está alejando cada vez más de sus bases naturales históricas, de sus procesos de funcionalidad ecosistémica, de la riqueza genética de su práctica cultural, de la variabilidad de usos (multifuncionalidad) y de la amplitud de espacios y relaciones del humano y las especies (multidimensionalidad).
- En general, se están perdiendo las bases productivas ecológicas del aporte de los humanos a la conservación de la base natural, mismas que le han permitido a esta especie evolucionar en conjunto con el planeta Tierra y sus ecosistemas (Sevilla & González de Molina, 1993).

Lo anterior hace necesario entender que los sistemas integrados de producción, en los que se vincula lo pecuario con lo agrícola, merecen rescatarse. Además, tienen alto valor académico porque estos aún se conservan en los espacios rurales del territorio colombiano e involucran prácticas culturales eficientes en términos energéticos (Gliessman, 2002). Ahora bien, desde la academia corresponde valorarlos, documentarlos y destacarlos con una visión amplia y descriptiva que, desde la óptica defendida en esta obra, puede ser la de la agroecología en tanto ciencia que aborda el proceso desde lo posnormal (Funtowicz & Ravetz, 2000).

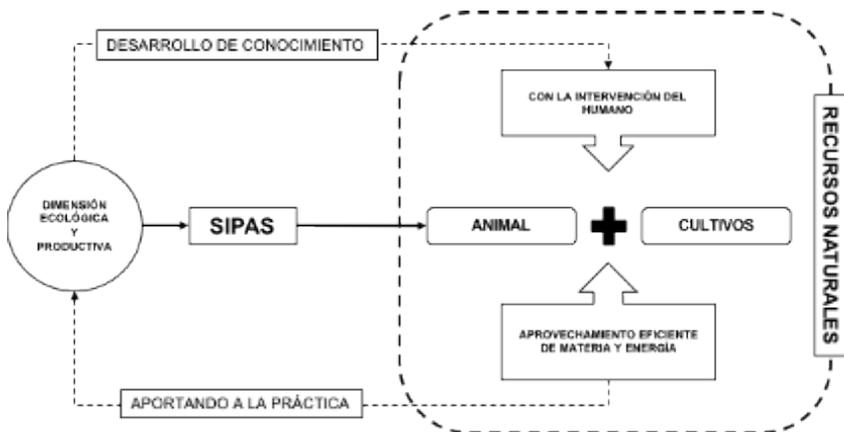
Al abordar estos modelos integrales se hace necesario, entonces, plantear una forma de análisis mucha más integradora, con visiones más abiertas, para comprender que los animales en estos sistemas productivos son mucho más que un elemento productivo, toda vez que se integran a una red más compleja, pues sus aportes trascienden los productos comercializables. Aquellos elementos que no son de interés comercial se retornan en modelos de logística inversa (Cure *et al.*, 2006) como un proceso de reincorporación a ciclos naturales o productivos, y no como uno de gestión de residuos, pues en este caso dichos elementos no se consideran tal cosa (R. Gómez, 2010).

El análisis que se haga de estos elementos, pues, debe ir más allá de lo tangible y, más aún, de lo simplemente comercial (Funtowicz & Ravetz, 2000), pues su utilidad radica en la dirección productiva en el sistema y en el uso y aprovechamiento ecológico de los recursos. Ha de entenderse en este sentido que toda materia aprovechable se debe reintegrar a los ciclos vitales, energéticos, de materia y de producción en el predio, observándolos y valorándolos como flujos internos (Odum & Barrett,

2005) que aportan al modelo, y que su uso reduce impactos negativos que pueden tener lugar al dejarlos como elementos residuales (Cure *et al.*, 2006; R. Gómez, 2010).

También es importante valorar el conocimiento local, ancestral o tradicional frente al uso y manejo de especies animales en los sistemas productivos integrales, pues en este conocimiento se encuentran los aportes más significativos para definir los SIPAS, habida cuenta de que este modelo solo tiene una condición: una relación mutua de beneficios multidimensionales¹, entre el humano, el animal, los cultivos y los recursos naturales de su entorno. Entonces, un SIPAS se puede definir como un modelo de producción integrado de animales y cultivos, con un aprovechamiento eficiente de los flujos de materia y energía en favor de la dimensión ecológica-productiva de la agroecología, en el que obligatoriamente intervienen el humano, los animales, los cultivos y los recursos naturales en un proceso de coevolución social y natural (**Figura 3**).

Figura 3. Dinámica funcional del modelo SIPAS



Fuente: elaboración propia.

1 El pensamiento complejo plantea lo multidimensional como un enfoque que requiere franquear fronteras disciplinares usando conceptos de diferentes disciplinas para estudiar un mismo fenómeno. Pero va más allá, pues también busca poner la imaginación al servicio de lo cotidiano y práctico. Por eso, para definir un concepto como el de los SIPAS se requiere el apoyo de diversas disciplinas que aporten en la comprensión de un fenómeno particular. Pero, en este caso, también se abarcan la parte espiritual del humano y, desde esta, las formas de relación con sus animales, sus cultivos y su entorno natural, manifestadas en su forma de ver y sentir lo que hace.

Con lo anterior, un modelo SIPAS no puede ser plano ni lineal porque rompe el paradigma de la línea de producción convencional si se siguen cuatro pasos al implementarlo:

- Reincorporar o reutilizar elementos “sobrantes” de la producción en otros procesos o flujos del mismo predio para efectos de producción, conservación o consumo.
- Involucrar los usos multifuncionales de cada elemento productivo o natural del predio; es decir, cada proceso, producto y acción involucrada en el modelo tiene usos potenciales adicionales que se pueden y deben aprovechar.
- Considerar la multidimensionalidad que genera la relación compleja de la interacción humano-animal-cultivo con los recursos naturales, reconociendo que en cada predio productivo se vive una espiritualidad que trasciende lo aparente y genera conocimiento pertinente.
- Entender que todo conocimiento nuevo aporta a la práctica productiva de la agroecología en su dimensión ecológica y productiva.

El siguiente apartado concreta una aproximación a la teoría de los modelos SIPAS, en aras de mostrar una definición que permita enlazar lo aprendido en las visitas de campo y de los productores con los elementos que, desde sus bases, aporta la agroecología.

Los sustentos de los SIPAS desde la agroecología

Tomar consciencia sobre la importancia de diseñar SIPAS que aporten a la sustentabilidad social y natural (Sevilla, 2006) requiere entender su base epistemológica, en la cual se sustenta y desde la cual se teoriza; pero también requiere ver su aplicación práctica y los modelos que la sustentan. En esa medida, se pretende mostrar en este apartado la manera como esta forma de ver la producción agropecuaria se enmarca en la dimensión ecológico-productiva de la agroecología (Altieri *et al.*, 1999) y aporta a su parte técnica, la cual, a juicio de los suscritos autores, es el punto de inicio para los productores que inician su transición hacia ella y, después de desarrollar técnicas productivas (preparación y uso de

insumos, desarrollo de modelos asociados, aprovechamiento eficiente de fuentes energéticas, reciclaje de nutrientes y conservación de la materia orgánica de su suelo, entre otras), se aventuran al abordaje de las otras dimensiones; esto es, parten de la implementación de los principios de la ecología en la producción (Gliessman, 2002) y luego trascienden a los movimientos y organizaciones sociales, mercados y demás que se enmarcan en las otras dos dimensiones de la agroecología.

Para hacer claro el enfoque agroecológico y resignificar sus planteamientos, se hace necesario aclarar que, además de sus dimensiones, desde sus primeras concepciones ostenta objetivos sociales, ambientales y económicos (Altieri *et al.*, 1999; Gliessman, 2002) que no difieren de ellas; por el contrario, en cada dimensión se deben ver reflejados los objetivos. Esta ciencia se torna compleja justamente a partir de esta apreciación y del enfoque multidisciplinar.

En apartados posteriores se usarán los modelos sustentables de producción agropecuaria para luego tipificar los modelos SIPAS encontrados. Se los abordará, primero, a partir los modelos agrícolas, y luego desde las consideraciones de los impactos de la ganadería pura.

La consideración de la ecología en los modelos

La ecología considera que un agroecosistema es un tipo de ecosistema modificado por humanos en un espacio físico limitado, con el fin de volverlo productivo para sus intereses (Elliott & Cole, 1989; Soriano, 1997). En otras palabras, el agroecosistema corresponde al diseño productivo que una persona hace de un espacio determinado (predio productivo); según sus necesidades de consumo o mercado, se modifica la distribución de las especies suprimiendo algunas e incluyendo otras (Sans, 2007; Soriano, 1997). De esa forma se afecta la interacción ecológica natural que existía en el ecosistema —se convierte en una oportunidad de estudio para la dinámica productiva desde los fundamentos de la ecología— y, con ello, se influye en asuntos que van desde la dinámica de las poblaciones hasta el comportamiento de individuos y la composición de las comunidades, junto con la modificación o alteración de toda su dinámica energética (Martínez-Ghersa & Ghersa, 2005).

La brecha que puede surgir entre los ecosistemas naturales y agrícolas debido a la intervención humana es directamente proporcional al manejo y las modificaciones que se realicen. Ha de comprenderse en este sentido que luego de modificado el ecosistema, la dinámica ecológica que existía allí, junto con su capacidad de resiliencia, se alteran, y pasan a ser sustituidas por entidades como factores químicos agregados y modificaciones físicas de su estructura, entre otras (Odum & Barrett, 2005).

El origen griego de la palabra “ecología” —*oikos*, “casa”; *logos*, “conocimiento”— sugiere que el ejercicio de revisar los ecosistemas — naturales y humanizados— debe hacerse desde un enfoque integral de “casa común”², en el que se incluyan todos los organismos que la habitan y los procesos funcionales que la hacen habitable. Pero esta consideración cambia su enfoque por la aparición de los modelos económicos y la modificación de los sistemas dinámicos por lineales, los cuales plantean desplazarse a un paradigma en donde las condiciones de los agroecosistemas no están definidas por la ecología, sino por la economía.

La citada economía, que comparte parte de su etimología con “ecología” —*oikos*, “casa” y *nomos*, “regulación”, “gobierno” o “administración”— significa “la administración de la casa”, con lo que pudiera pensarse que una y otra deberían ser disciplinas complementarias (Odum & Barrett, 2005), pero en la realidad se consideran opuestas, con observaciones y posturas totalmente diferentes (**Tabla 3**). Frente ello, el objetivo de ver estas diferencias no es generar una brecha más grande, sino propender a cerrarla. La llamada economía ecológica muestra avances importantes a este respecto.

2 Concepto utilizado por el Santo Padre Francisco en la Encíclica *Laudato si'* (2015) sobre el cuidado de la casa común, pertinente en estos tiempos; se valora el ecosistema en tanto regalo de la creación que, como tal, se debe cuidar.

Tabla 3. Diferencias entre la economía y la ecología

Atributo	Economía	Ecología
Escuela de pensamiento	Cornucopiana	Neumaltusiana
Moneda	Dinero	Energía
Forma de crecimiento	En forma de <i>J</i>	En forma de <i>S</i>
Presión de selección	Selección <i>r</i>	Selección <i>K</i>
Método tecnológico	Alta tecnología	Tecnología adecuada
Servicios del sistema	Capital económico	Capital natural
Uso de los recursos	Lineal (desechos)	Circular (reciclaje)
Regulación del sistema	Expansión exponencial	Capacidad de carga
Meta a futuro	Exploración y expansión	Sustentabilidad y estabilidad

Nota: Tanto la escuela de los economistas como la de los ecólogos tienen argumentos que deben relacionarse en lugar de separarse, visto el hecho de que se está en un mundo relacionado, moderno e interconectado. Estas son realidades no refutables, con las que se debe aprender a vivir y que deben usarse de forma adecuada para no afectar el desarrollo natural.

Fuente: Odum y Barrett (2005).

Esta circunspección de incluir las apreciaciones de la ecología en el planteamiento de los modelos SIPAS obedece a que se puede llegar a considerar de forma errónea que los inventarios de la naturaleza son bienes garantizados a perpetuidad, y que con la aplicación de una tecnología particular se puede subsanar su sostenibilidad adecuadamente. Este hecho niega el principio de relacionamiento sistémico equilibrado de todos los componentes del planeta, y que la ausencia o disminución de un solo elemento, aun el más pequeño, puede desestabilizar completamente un ecosistema³.

En el marco de esta visión radica la importancia de valorar las dinámicas ecológicas de un sistema agropecuario. En este sentido corresponde observar, valorar y usar todos los elementos con sus aportes reales, y considerar los aportes potenciales de cada producto o entidad

3 Este es el fundamento de la ley del mínimo de Liebig, según la cual el crecimiento no depende de la cantidad total de los recursos disponibles, pues la interdependencia ecológica determina que el recurso más escaso es de quien depende la estabilidad de los más abundantes. Con esto se configura el hecho de que el elemento menos necesario es, en realidad, imprescindible para asegurar una dinámica estable en los sistemas naturales. Este fue un principio desarrollado para los modelos agrícolas por Carl Sprengel en 1929, y popularizado por Justus von Liebig (de quien toma su nombre).

involucrada en el agroecosistema. Esto incluye también las muchas ofertas de los recursos naturales no considerados, tales como los aportes en polinización y control biológico que hacen las redes ecológicas de insectos entre espacios naturales cercanos a cultivos (Espejo G. *et al.*, 2014).

Los sistemas agrícolas sustentables

En la agroecología —o para personas doctas en el tema agroecológico—, conocer y entender las dimensiones de los daños que los modelos de la agricultura de revolución verde han causado en la base de los recursos naturales resulta un asunto básico. Los impactos causados por este modelo, vistos desde el espacio político, de la producción de alimentos, de la contaminación por el uso de agroquímicos, o por la pérdida de semillas nativas, la deforestación para el establecimiento de cultivos, el incremento de la agrimensura de los monocultivos industriales y la producción de aceites con fines comerciales, entre otros, son los fundamentos principales sobre los cuales se plantean los beneficios de los modelos agroecológicos.

En línea con lo dicho, se reconoce que gran parte de lo que mueve el mercado mundial agrícola se planea, fundamentalmente, desde las convergencias macroeconómicas del mercado global de semillas con modificaciones genéticas importantes (Serrano, 2005). Estas, junto con el mercado de herramientas de alta tecnología e insumos altamente especializados, terminan generando afectaciones para la salud del planeta natural y del ser humano (Guzmán-Plazola *et al.*, 2016; Ortíz *et al.*, 2013). Lo anterior es visto desde la dimensión política de la agroecología como elementos de dominación que afectan no solo a los productores, debido a un mercado cada día más demandante de estos insumos y herramientas —que genera mucho dinero para estas empresas (Delgado, 2010)—, sino también a los consumidores que, a causa de los citados elementos, no pueden acceder a productos diferentes a los del modelo convencional, con lo que su alimentación y, por ende, su salud, se ven afectadas.

Todas estas consideraciones son la base del discurso en contra de la revolución verde y sus planteamientos por parte de las personas que circunnavegan en temas agroecológicos, sustentados en las apuestas de la agroecología como elemento de resistencia (Altieri *et al.*, 2015; Calle *et al.*, 2013), de consumo local, de alimentación libre de químicos y

modificaciones genéticas, de rescate de las semillas locales, de los mercados locales, de dinámicas económicas más cortas, con menos impacto por generación de CO₂, menos procesos de contaminación, etc. De esta forma, al hablar de la importancia de los sistemas sustentables para la producción desde la agroecología es posible referirse al modelo de SIPAS como una alternativa para plantear una nueva estrategia de producción, en la que el animal es parte importante por su integralidad; en esa línea, se toman en cuenta las afectaciones que se causarían si dicha producción animal fuera convencional y no se atendieran los principios básicos de la producción sustentable, ni las consideraciones de integralidad del modelo mismo.

Con lo anterior, la tenencia de animales en los sistemas productivos no se justifica solo por su aporte directo a la alimentación humana, sino también por todas las demás contribuciones que hace a los sistemas productivos integrados, tales como los SIPAS. En modelos sustentables de agricultura, el aporte de los animales debe contribuir obligatoriamente a la producción de cultivos (en los cuales también deben existir cultivos destinados a la alimentación de estos animales), al uso de transporte, a la mecanización, y al uso eficiente del estiércol y los derivados de la transformación considerados residuos, entre otros (que de no manejarse adecuadamente, pueden convertirse en un foco de contaminación importante), que al final terminan de forma conjunta aportando o no al impacto de la agricultura y la ganadería en el planeta⁴ según el modelo con que se desarrolle la producción (Murgueitio, 2003).

Entonces, un modelo sustentable (Odum & Barrett, 2005), más que solo emprender labores de producción, incluye elementos integradores, tales como los animales, los cultivos y los recursos naturales. En la esquematización de sus flujos de aporte, proceso y productos primarios, secundarios y terciarios, entre otros, se aplica el principio de logística inversa (R. Gómez, 2010) para aprovechar cualquier sobrante y regresarlo al modelo productivo con un valor al interior del sistema. Todo este proceso

4 Un ejemplo de estos impactos se puede mostrar en el informe de emisiones de CO₂ generadas por actividades pecuarias y gestión de las tierras en Colombia, presentado en Colombia en 2018 por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam *et al.* Las emisiones de CO₂ registraron en 2018 un alza considerable que no se había registrado en ejercicios anteriores, con lo que el país no cumplió las metas del Acuerdo de París.

demanda eficiencia energética, de materiales e insumos, lo que requiere un modelo de estabilidad dinámica interna (Marinidou *et al.*, 2011) cuyo uso derivaría en mejores ingresos económicos (Cieza & Flores, 2007), mayor estabilidad natural en el predio y su entorno, mejor calidad de vida para los integrantes del modelo —humanos y animales— (Funes-Aguilar & Monzote, 2006; Monje, 2007), menor impacto en el medio natural y menos uso de elementos externos o convencionales.

El modelo de la sustentabilidad en los SIPAS no solo se configura como tal en la forma de entender las variadas interacciones de los procesos naturales en los ecosistemas y agroecosistemas; también en la forma de ver el modelo mismo no como un conjunto de objetos con un tipo de relación, sino como una fuerza de interrelaciones de materia y energía. Esto es, se comprende el modelo como complejo y dinámico a la vez, que presenta relaciones integrales entre los componentes naturales y las entidades involucradas para formar parte del modelo productivo (Monje, 2011). Así, se puede considerar que la agricultura sustentable propone sistemas productivos con la capacidad de mantener modelos de productividad óptimos (de acuerdo con la oferta natural del territorio) que responden a demandas de la sociedad en un tiempo extendido, para obtener un abastecimiento justo de alimentos —tanto ambiental como económico— y mantener una base de recursos creciente que aporte a la coevolución social y natural (Norgaard, 2006).

El accionar real de la agricultura sustentable se convierte en un gran aporte a la agroecología, fundamentalmente por las contribuciones que puede hacer al encarar los impactos de la revolución verde (afectaciones ambientales, sociales, económicas y políticas de los productores) y al generar y consolidar colectivos y movimientos político-sociales que, desde su práctica productiva, demuestran las ventajas de un accionar remunerador que aporta a procesos reales de coevolución social y natural (Norgaard, 2006; Sevilla & González de Molina, 1993). A los fundamentos de los estudios ecológicos básicos se adicionan los de la agricultura sustentable y se integran al modelo de SIPAS; y, en conjunto con elementos de la producción animal, la protección ambiental y las dimensiones espirituales de la relación humano-animal-cultivo, todos aportan a procesos más ajustados técnicamente para la producción de alimentos desde la dimensión ecológica-productiva de la agroecología.

La producción ecológica de animales

En la historia de la evolución humana, se sugiere que la domesticación de animales pudo formar parte de los tantos descubrimientos al azar de sus actuaciones: suerte, o un accidente provechoso (Maroto, 2014; Sanchez, 1980). Pero es más probable que esto haya sido producto de una observación sosegada de la capacidad de relacionarse con otras especies, pues la acción no se reducía solo a la domesticación pura e insensible (con miras a sacar provecho en términos de trabajo o alimento, entre otros); también se ejecutaba con miras a obtener compañía y protección, e incluso como símbolo de estatus o poder.

Siempre se ha mencionado el método de observación simple, basado en la prueba, el error y el acierto —también mencionado como ejercicio de ensayo, y por lo general asociado al empirismo—, como el modo elemental en que la ciencia se desarrolla como tal⁵ (M. Gómez, 2006). Además, se da por sentado que al hacer ciencia se están buscando descubrimientos en aras de solucionar un problema o explicar un fenómeno previamente descubierto —entre tan variadas funciones de este modelo de ensayo de campo—. De esta observación de fenómenos se ha obtenido la mayor cantidad de material de trabajo para hacer investigación científica en la historia humana (Ramos, 2015).

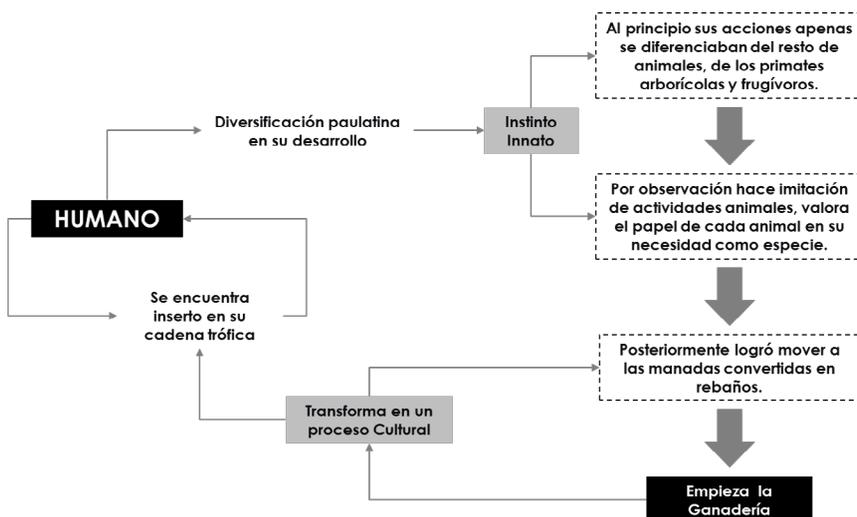
En el caso de los animales, se suele señalar que la observación de su territorialidad puede determinar la distribución de otras tantas especies, especialmente vegetales, pues los primeros se vuelven vectores de dispersión de semillas a lo largo de los territorios recorridos (Martínez-Orea *et al.*, 2009). Pudo ser esa la transformación que llevó, en definitiva, a la domesticación de los primeros animales en la Antigüedad (Arcken, 2011; Mondini *et al.*, 2015).

El icono teórico del aprendizaje por observación, y los aprendizajes a partir de los errores y las prácticas de trabajo, son el derrotero de evolución en el manejo de los animales (**Figura 4**), y en especial de los que se convirtieron en la base de la vida del humano en los diferentes territorios

5 Bajo esta visión, el error se convierte en una suerte de tesoro porque marca parámetros para quien realiza el ensayo, toda vez que este último no desea que la falla se repita. Fundamentalmente en investigaciones médicas, los errores pueden ser letales. Bajo esta consideración, la observación se hace mucho más importante en el aprendizaje del error.

que habitaba: gradualmente los animales le proveyeron elementos para la tecnificación de su modelo de vida, herramientas de trabajo, mecanización de procesos y mayor disponibilidad de recursos que, a su turno, hicieron factible vivir en comunidades sedentarias.

Figura 4. Aprendizaje por observación en el inicio de la ganadería



Fuente: elaboración propia con base en Mondini *et al.* (2015).

En años posteriores, lo anterior se convirtió en un modelo de abastecimiento para las aldeas y poblaciones que, por su configuración cartográfica, paulatinamente dejaron en la periferia el trabajo con animales y cultivos, y configuraron las urbes para llegar a lo que se tiene hoy: ciudades y espacios rurales interdependientes por las necesidades que tiene el sector urbano de alimentos y materias primas, y la dependencia del modelo económico que los espacios rurales han configurado a partir del consumo de sus productos.

Hoy se reconoce que la interacción de los humanos con los animales trasciende los espacios normales, pues se hace evidente que muchas personas prefieren convivir con estos últimos en lugar de hacerlo con sus propios coespecímenes (Valadez, 1999). Ahora, si se observa el sector ganadero como reglón económico, se puede ver una transformación muy grande: ya no se lo ve como un sector productivo que aporte a la

subsistencia humana, sino como un elemento importante en la economía mundial que está generando impactos importantes en los componentes del clima global por los efectos negativos de su actividad pura de producción.

La valoración ambiental del actual modelo ganadero, en especial si se tienen en cuenta los aportes reales a la conservación de recursos naturales y los manejos para lograr una reducción de emisiones de CO₂ de su actividad, lo ponen en una posición incómoda⁶. La demanda de carne en el mundo se hace mayor cada día, especialmente en países desarrollados, pero la ampliación de los espacios para la ganadería es cada vez menos conveniente para la naturaleza. Esto por cuanto, al sobrepasar las zonas naturales en donde la ganadería puede generar menor impacto, se utilizan zonas cuya naturaleza de uso es otra y que, por su clasificación agroecológica, no son aptas para las actividades pecuarias puras (Murguieitio, 2003).

En México, el Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP) registra la población de animales que existen en ese país como parte de los sistemas de producción de ganado. De acuerdo con este registro, y visto el tipo de ganado que se produce principalmente bajo la figura del pastoreo, se indicaban hasta 2018 poco más de 87 millones de cabezas de ganado. De estas, casi el 80 % eran bovinos; y el 20 % restante, caprinos y ovinos. La tasa de crecimiento de cabezas de este tipo de ganado en el país ha ascendido a 13 % en los últimos 10 años de registro (SIAP - México, 2020).

Los datos sobre la superficie destinada a la ganadería por agencias del Estado que reporta la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de México (Semarnat) son confusos. Se indica que esta actividad se practica en el 56 % de la superficie, pero también en el 44 % restante, que corresponde a vegetación natural. La misma Semarnat señala que casi la mitad del territorio ha sido afectada severamente por las actividades humanas relativas a la ganadería, como los cultivos y pastizales (inducidos y cultivados). Aunque, señala también que la otra

6 Según un informe de la FAO (2017), sobre ganadería y medio ambiente, la demanda mundial de carne aumentará en un 70 % para 2050, proyectada para una población de más de 9600 millones de personas.

mitad del territorio corresponde a formaciones vegetales como pastizales y matorrales utilizados intensamente en la producción ganadera, lo cual hace que se les considere en sobrepastoreo (Semanaart, 2020).

Es probable que la degradación de los ecosistemas naturales de México continúe en la fecha de publicación de este documento. En el periodo comprendido entre 1993 y 2002, se registró que la agricultura y la ganadería fueron las actividades humanas que propiciaron el cambio en el uso del suelo, lo que seguramente significó la alteración de la cubierta vegetal natural (Semanaart, 2020). Además, la ganadería practicada de forma intensiva genera desechos que se vuelven un factor de contaminación; se ha documentado a este respecto la necesidad de estimular buenas prácticas en su manejo de manera que se observen beneficios en el mediano plazo, al menos en algunos países de Latinoamérica como México, Colombia y Argentina (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2012).

Ahora, se debe considerar que, según la información precedente, tanto la producción de alimentos derivados de origen animal como sus sistemas de producción son de importancia preponderante en México, y con esto también se evidencian retos importantes para este sector. Es necesario establecer pautas para transitar a sistemas que establezcan una articulación entre la actividad productiva con animales y otras de producción primaria, de manera tal que se reduzca el impacto al ambiente y la degradación de los ecosistemas.

La ganadería también ha sido señalada de promover un cambio en la alimentación, que luego se asocia con desordenes de la salud como la obesidad, el sobrepeso y otras enfermedades (Etemadi *et al.*, 2017; R. Pérez, 2008). A esto se añaden las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que suman al total global e influyen en el aumento de la temperatura —un reto más—. Tan solo en la región sureste de México, la mitad de las emisiones se generan en la deforestación para nuevas áreas de agricultura, cuya base está desarrollada para cultivos comerciales y pastos destinados a la ganadería bovina. A esto se adiciona que la fermentación entérica contribuye con el 80 % de los GEI del 18 % aproximado que genera el sector agrícola y ganadero (Jiménez *et al.*, 2015).

En Colombia, el reporte del Censo Nacional Agropecuario - CNA⁷ (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2015) arrojó una base censal importante sobre el uso del suelo, mucho más real que la reportada hasta entonces por los gremios del sector y el Ministerio de Agricultura debido a su cobertura, que según el DANE fue superior al 98 % (incluidos los territorios étnicos). El CNA indicó que se censaron 111,5 millones de ha de los 114 millones que tiene de extensión total el país. De esta área censada, el 56,7 % son bosques naturales. Del porcentaje restante, el 38,6 % se encuentra en uso agropecuario (43 millones de ha). Del área agropecuaria, 80 % corresponde a pasturas para ganadería; y 19,7 %, a producción agrícola (DANE, 2015).

En cuanto a ganado censado, según el CNA existían durante el periodo de acopio de datos poco más de 21.000.000 de cabezas; 5.000.000 de ellos eran porcinos; 175.000, búfalos; 1.200.000, equinos y alrededor de 1.500.000, ovejas y cabras. En el sector avícola se registraron 720.000.000 de aves entre ponedoras y pollos de carne; y en el sector acuícola, 25.000 unidades productivas (DANE, 2015). Estas cifras muestran la amplitud del modelo pecuario del país, superior en extensión y dedicación al agrícola.

Sobre lo anterior, es claro que el uso del modelo convencional de producción con estos animales hace que, en su gran mayoría, contribuyan al aumento de las cifras de CO₂ en el Colombia, que desde la última métrica presentada del total nacional son preocupantes. Al respecto, el Ideam (IDEAM - PNUD - MADS - DNP - CANCELLERÍA, 2016) reporta que Colombia es el quinto mayor generador de CO₂ entre 20 países de América Latina y el Caribe⁸; los departamentos de Caquetá y Meta (ganaderos) son los que más contribuyen en este sentido, con un acumulado de 35,92 millones de toneladas de CO₂ equivalente en el reporte de 2012. En este caso es importante ver que Caquetá forma parte de la zona amazónica

7 El DANE es el organismo nacional que se encarga de los censos. En su accionar, esta entidad desarrolló durante el 2014 el tercer CNA. El objetivo fundamental de este último fue subsanar datos poco válidos sobre el sector agropecuario del país, así como los datos de áreas ocupadas por las diferentes actividades agropecuarias.

8 El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) divide las emisiones de GEI en cuatro grandes grupos: energía, procesos industriales, agricultura y residuos. Los resultados se presentan en unidades de masa (toneladas, gigagramos y megatoneladas), en una unidad común denominada "CO₂ equivalente".

colombiana⁹ (Holdridge, 1978) y gran parte de su ganadería permanece sobre pasturas sembradas en lugares en donde antes había bosque, situación que cambió de forma radical el modelo de la composición de flora y fauna, y alteró las características de los ecosistemas de la zona (FAO, 2012) (FAO, 2012). Es importante mencionar que los componentes de energía y ganadería corresponden a más del 80 % de las emisiones de GEI (Ideam *et al.*, 2016), cada una con más del 40 %; los residuos, por su parte, suman 8 %; y 5 % corresponde a procesos industriales (Figura 5).

Figura 5. Resultados generales de inventario GEI en 2012



Fuente: Ideam *et al.* (2016, p. 24).

Entonces, las iniciativas/acciones que se deben llevar a cabo para mitigar este tipo de impactos —que no son los únicos de la actividad ganadera— deben estar enmarcadas en acciones integrales que demandan mucho más que el control de emisiones. Esto por cuanto, como se ha dicho, la ganadería está ligada a la evolución del ser humano, que históricamente ha hecho uso integral de estos animales. La especificidad de monopropósito de su producción es parte del modelo de productos únicos por espacio de tiempo de la agricultura de revolución verde (Toledo, 2011). Sus promotores la justifican con el argumento de

9 Según la clasificación de Holdridge, la zona amazónica es un bosque muy húmedo tropical (Holdridge, 1996) con un elemento de resiliencia importante, sustentado en la presencia de los árboles como elemento articulador, que se ha afectado por la presencia de la colonización dirigida en el siglo XX con modelos de producción ganadera de doble propósito y la explotación cauchera del siglo anterior, sumadas a las diferentes actividades de las comunidades urbanas de la región.

la eficiencia¹⁰ —en pro de la deconstrucción del concepto tradicional de agroecosistema— para la implementación de agroecosistemas mono-específicos de producción que no reflejan en absoluto el comportamiento de los ecosistemas naturales (Gliessman *et al.*, 2007).

En respuesta a lo anterior, los SIPAS se proponen abordar los modelos de ganadería ecológica y la unión de estos animales como parte de modelos más equilibrados en aportes integrales; pero no solo como un elemento de producción más, sino también en la integración del animal en modelos relacionados, integrales y que respondan a los objetivos de producción en la dimensión ecológica-productiva de la agroecología.

La ganadería y la agricultura en un solo modelo

Con el ánimo de plantear sustentos para los SIPAS, se alude aquí a la teoría sociológica del encuentro de dos culturas. Dicho encuentro genera procesos de comunicación, lucha, dominación, eliminación o sincretismo que obligan a las dos culturas a involucrarse en una corriente de pensamiento cultural particular, pero subyugadas a la actuación humana que, en algún momento, encuentra rutas de relacionamiento intercultural. A su turno, esto causa mestizajes que rompen cualquier otro tipo de proceso y lo reemplazan por uno específico: la cohabitación (Patiño, 1969).

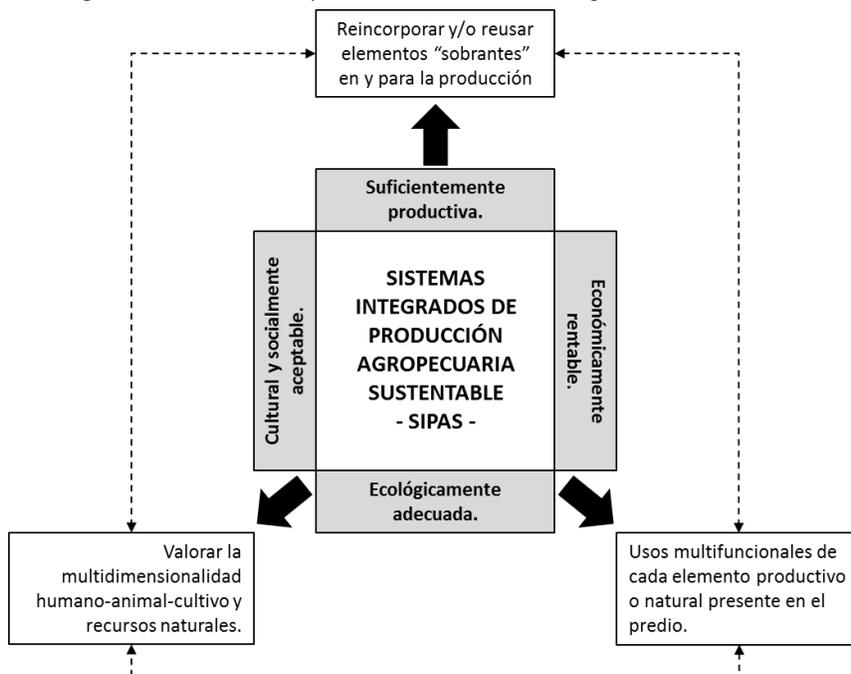
Es un hecho que, durante las últimas décadas, se ha ampliado la brecha entre las producciones pecuaria y agrícola. Cada una supone a la otra como una “disciplina” técnica que la asiste, mas no como una ciencia que la complementa, pues ambas plantean que la “única” verdad que les sostiene es la diseñada desde su propia apreciación y consideración técnica productiva.

Todos estos aspectos deben darse simultáneamente porque no son reemplazables, y todos son igualmente importantes. Empero, cuando en

10 Este tipo de modelo, que se pone en práctica con no más de una especie (y cuyo impacto es mayor por el paquete tecnológico que se hace de forma única para cada cultivo, con altas demandas energéticas, uso de insumos de síntesis industrial, nitrogenados, y muy poco aporte de materia orgánica), también se ha aplicado a la ganadería, en la que la alimentación animal se sustenta en pasturas únicas homogenizadas o suplementos alimentarios en su mayoría comprados, que dejan una huella de carbono importante por cuestiones ligadas al transporte de los animales y, en el peor de los casos, al uso de antibióticos y hormonas para el crecimiento que aumentan el volumen de carne y acortan el tiempo de desarrollo.

un modelo se integran animales con cultivos y espacios naturales, y se hace un aprovechamiento dinámico más amplio de sus diferentes aportes, se debe reconocer la necesidad de visibilizar los elementos necesarios para que esto se considere un SIPAS de acuerdo con la definición trazada en este documento, esto es, un modelo que amplíe la visión de la agricultura sustentable (**Figura 6**).

Figura 6. Relación de componentes de los SIPAS en la agricultura sustentable.



Fuente: elaboración propia.

Con lo anterior, no basta indicar que el SIPAS sea lo suficientemente productivo, económicamente rentable, ecológicamente viable o culturalmente aceptable. Además de ello, se requiere que dicha productividad, aceptación social y respeto por los espacios ecológicos o de naturaleza, que considere asuntos que trascienden de las deferencias productivas — agronómicas o zootécnicas—, pues en la relación humano-animal-cultivo-naturaleza (actores que interactúan dentro de un sistema productivo) se genera una oportunidad potencial de flujos con valor que pueden representar una parte importante a considerar en dicha productividad, por lo general despreciada en los espacios productivos.

CAPÍTULO 3

Modelos de SIPAS

Los criterios para que los predios objeto de estudio fueran estimados como SIPAS fue que en uno o varios de sus procesos estuviera involucrada la agroecología, y que tuvieran animales en su oferta. Pero esta consideración se hizo luego de valorar un grupo de predios más grande. Con esto se dejó de lado un grupo de dimensiones igualmente considerables, pues sus procesos en conjunto no eran representativos para considerarlos como SIPAS; solo aquellos que más se ajustaban a las consideraciones establecidas terminaron por servir para establecer las tipologías que se mostrarán en las secciones subsiguientes. No obstante, se visitaron dos predios convencionales para tener una referencia técnica y conceptual, y establecer un discurso desde presupuestos claros, especialmente sobre lo que se espera de un predio bajo un modelo SIPAS y la forma de evaluarlo.

Punto de partida: dos modelos convencionales como referencia

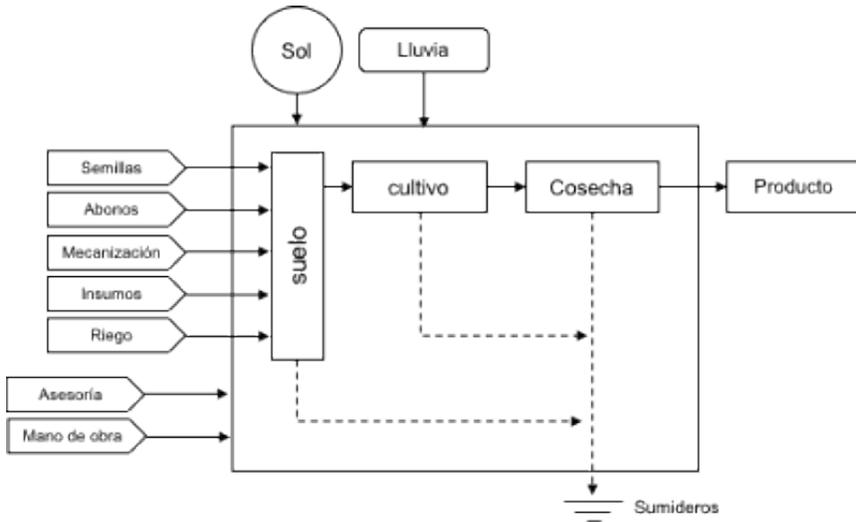
Para entender la tipología que se presentará, caracterizada por la inserción del animal en el modelo de producción de una finca, rancho o predio rural productivo, se mostrarán dos sistemas de monocultivos visitados en la municipalidad de El Cerrito (San Luis Potosí, México).

- Un modelo de producción de maíz con la aplicación rigurosa de un paquete tecnológico, uso de mano de obra pagada y mecanización de alto impacto en la preparación del suelo, la siembra y la cosecha.
- Un modelo de producción de girasoles con fines de producción de aceite, con elementos ecológicos, poca o baja mecanización, uso de microorganismos benéficos en el suelo, y la aplicación de control biológico para problemas de artrópodos en el cultivo.

El primer modelo se encuentra en tierras arrendadas por los periodos productivos, sembrado en sociedad entre no más de tres productores con la asesoría de un agente comercial de una casa de productos agrícolas¹. Corresponde este primer caso al modelo convencional de producción, denominado *modelo directo*—. Esto es, muchos elementos (insumos) ingresan al sistema, pero solo se obtiene un producto (**Figura 7**) y todo el peso de la producción cae en la mezcla de los elementos base y en la base productiva (paquete tecnológico).

1 El interés por visitar estos modelos convencionales, además del discurso desde los presupuestos de un modelo SIPAS, se dio porque se programó un curso-taller sobre SIPAS, sus ventajas y la forma de evaluarlos para estudiantes de primer año del programa de Licenciatura en Ingeniería Agroecológica de la UASLP, como estrategia de permanencia del ingreso de ese año en la carrera. Se pretendía con ello que los discentes vieran y evaluaran un sistema convencional frente a un modelo SIPAS, pero esta visita terminó por hacer un aporte positivo a la presente obra por el hecho de tener un referente de comparación. También es importante mencionar que, a juzgar por la evaluación del curso, varios estudiantes que solo estaban en el programa de Agroecología para hacer su tránsito de primer año por ingreso y luego migrar a otro de los programas de la Facultad (agronomía y veterinaria) se convencieron de sus ventajas frente a los otros programas de ciencias agropecuarias que les despertaban interés.

Figura 7. Gráfico de flujo del modelo directo



Fuente: elaboración propia.

En este modelo directo se consideran el suelo y los recursos naturales como un insumo más, mientras se descartan otros elementos que forman parte de los ecosistemas que se transforman (procesos antrópicos) para poder instalarlo y volverlo aparentemente productivo. Igualmente, el peso del sistema se concentra en la aparente “prevención” de respuestas productivas que se hace de forma lineal, sin tomar en cuenta que los ecosistemas naturales siempre tienen respuestas que se pueden aprovechar a favor de la producción, aun cuando se les agreguen controles (Odum & Barrett, 2005).

Sumado a lo anterior, este sistema genera residuos (de los elementos ingresados) que terminan en un sumidero. Esto puede tener impacto en el suelo —pérdida de materia orgánica, acidificación, nitrificación, eutrofización, etc.— porque todos los insumos son de síntesis química y abonos nitrogenados, entre otros, que además de impactar el suelo, contaminan el agua (D. Torres, 2004) y, en muchos de los casos, hacen insustentable al modelo (Sarandón & Flores, 2009).

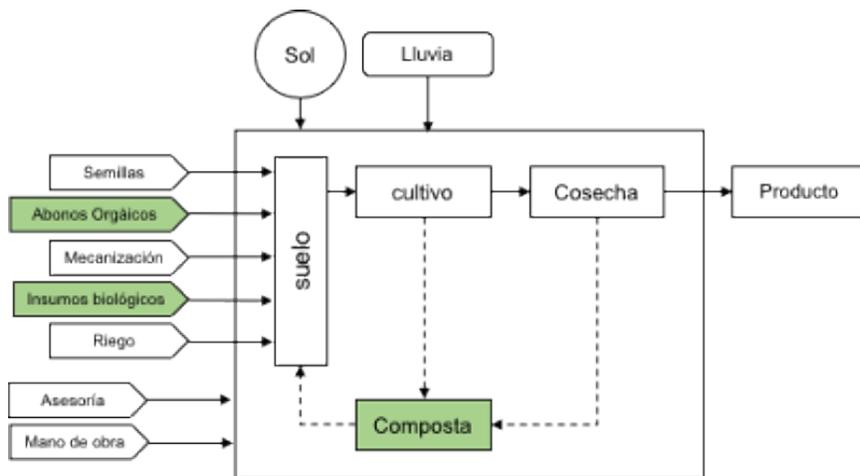
El segundo caso estudiado, que también se enmarca en el modelo convencional (pero en el que se han sustituido insumos de síntesis química

por productos biológicos), corresponde a una cooperativa de productores agropecuarios que tienen una relación de familiaridad o amistad de muchos años. Ellos evaluaron su propio impacto en la producción de maíz de forma convencional y los deterioros ambientales causados en sus predios. Es de anotar que, durante mucho tiempo, este espacio ha funcionado con el mismo modelo de producción, aunque la modalidad de uso de la tierra ha cambiado: en ocasiones, los mismos productores se encargaban de la siembra; y en otras, dejaban la tierra en alquiler a terceros. A pesar de tener un sistema lineal de monocultivo, este modelo contribuye a la mejora de las condiciones ecológicas del agroecosistema de girasol, a los esfuerzos por mantener las condiciones agroecológicas óptimas del suelo, y al uso de control biológico para controlar artrópodos que puedan causar daño en el cultivo.

Esta cooperativa de productores de girasol cuenta con una ventaja frente al modelo convencional anterior: tiene la asesoría de un ingeniero agrónomo con más de treinta años de experiencia. Desde el desarrollo de su tesis de grado, este profesional se inquietó por los modelos de conservación y producción de enmiendas orgánicas —en su caso, con humus de lombriz—; esto lo llevó a conocer sobre procesos de compostaje, uso de microorganismos benéficos para el suelo y control biológico de artrópodos o agentes patógenos naturales (**Figura 8**).

Sumado al uso de abonos orgánicos y la aplicación de enmiendas orgánicas para mejorar la biota del suelo, se destaca en este modelo el hecho de que también regresa al sistema la composta de sus sobrantes de cosecha, en busca de aumentar su resiliencia a las demandas nutricionales del cultivo. Además, se aplican microorganismos benéficos para mejorar la disponibilidad de nutrientes. Este se considera un modelo directo con elementos ecológicos, situación que lo hace más cercano a la agroecología, dado que los productores toman en cuenta su responsabilidad con el ecosistema (**Figura 8**).

Figura 8. Gráfico de flujo del modelo directo con elementos ecológicos



Fuente: elaboración propia.

Otro componente del modelo estudiado que no se muestra en el gráfico de flujo —simple— consiste en que, como se mencionó, se trata de una cooperativa de productores que han reunido una buena cantidad de tierra para hacer un manejo diferencial en la producción. Aunque no se considere a este un modelo agroecológico como tal, la sustitución de insumos permite aumentar el margen de ganancia por la reducción de elementos externos al agroecosistema. Además, ellos mismos manifestaron la capacidad que tienen los controles biológicos de tener un equilibrio en el cultivo, en relación directa con las poblaciones de artrópodos y microorganismos (dinámicas de población) que se encuentran en todos los periodos productivos; ello hace que no se requiera una aplicación adicional por cuestiones del equilibrio predador-presa (Cruz-Rodríguez *et al.*, 2015). Empero, este sistema productivo no se puede considerar un SIPAS, pues no incluye animales que estén directamente ligados a una interacción sistémica en el modelo. Al igual que el sistema anterior, fue útil a los propósitos del estudio que se describe aquí porque fueron el referente para revisar las ventajas de los modelos SIPAS y pensar en cómo clasificarlos.

Las tipologías encontradas

Las visitas a los predios tanto en México —ranchos— como en Colombia —fincas— mostraron diferentes estructuras. Al graficarlas mediante diagramas de flujo (Odum & Barrett, 2005), se hicieron evidentes muchas más relaciones funcionales que las aparentes; así mismo, se mostraron potencialidades en diferentes procesos que no se tenían en cuenta, las cuales podían brindar una oportunidad de aumentar los ciclos internos y disminuir los externos.

En aras de aportar en el crecimiento de cada modelo, se propuso una metodología de evaluación que en una escala cualitativa mostraría el grado de calidad con que el proceso se había llevado en cada predio. A su turno, esto permitiría al productor crecer en su sistema productivo, mejorar sus procesos ecológicos y ampliar los impactos positivos en los recursos naturales. La metodología de evaluación propuesta incluyó la valoración de diferentes ítems, que iban desde el uso de herramientas agroecológicas —abono, secadores solares, biodigestores y biofertilizantes, entre otras— hasta la participación en mercados —solidarios, alternativos y agroecológicos, entre otros—. Si bien cada ítem presenta un algoritmo particular de evaluación (para efectos de la investigación), se tiene la posibilidad de usar otras metodologías para ello (se abordan en el capítulo siguiente).

Se logró identificar cuatro tipologías de predios productivos que ostentan herramientas y elementos de la dimensión ecológica-productiva de la agroecología. Estos modelos permiten mostrar el cambio en los flujos de cada predio cuando en el mismo se hacen labores con impacto ambiental, y labores que minimizan la carga ambiental de cada uno. También es evidente el cambio que sufre un modelo cuando se involucra al animal en su dimensión productiva y se introducen posibilidades de aporte distintas de las que, como se ha dicho, son comunes (carne, leche y piel). La tipología encontrada hasta el momento consta de los siguientes elementos:

- Modelo tradicional con uso animal
- Modelo asociado con animales
- Modelo animal industrial diversificado
- Modelo intensivo diversificado

Cada tipología representa un manejo particular de los sistemas productivos, pues involucra la experiencia en campo de cada productor y la lectura que hace de los territorios y su oferta ecológica. Además, cada productor deja su impronta en el modelo con el desarrollo de características productivas y tecnologías ambientalmente amigables, encaminadas a incorporar procesos internos que contribuyan a minimizar las entradas externas y aumentar las ganancias ambientales, ecológicas y productivas. Esto desencadena una serie de beneficios crecientes que, de acuerdo con las dinámicas ecológicas de los recursos naturales del predio productivo —lentas, tranquilas, pero efectivas—, terminan impactando de forma positiva los modelos socioeconómicos del productor, su familia, vecinos y conocidos, pues hacen evidente lo que desde la academia se ha recalcado de forma continuada: la capacidad de la agroecología de hacer sustentables a los modelos productivos convencionales a partir de una apuesta de transición desde y para un mejor vivir (Altieri *et al.*, 2015).

En las secciones subsiguientes se presentará la tipología encontrada sin hablar de los gestores o productores que la hacen posible, dado que de sus experiencias productivas particulares se ocupará el próximo capítulo. Ha de destacarse una característica especial en los casos estudiados: en todos, los productores eran propietarios de sus terrenos. Ello agrega un valor importante a cada sistema.

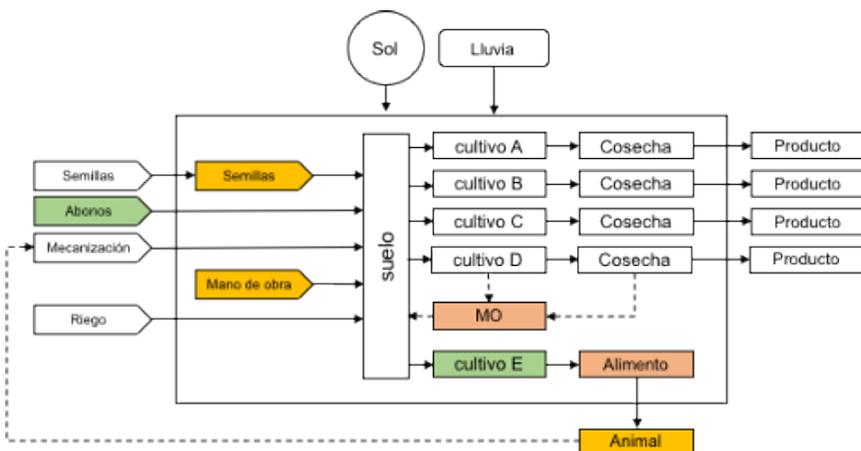
Modelo tradicional con uso animal

En este modelo se usa el animal particularmente como herramienta de trabajo, para tracción o transporte. El animal no aporta más que esas funciones, pero se considera un componente del sistema porque uno de los cultivos está dedicado a su alimentación. Por lo general, este modelo es característico en predios pequeños, de no más de 2 ha de área, aunque existen casos en que su extensión puede ser mayor. Es particular en este sistema el tener diferentes cultivos en el predio. Muchos de ellos aportan de alguna forma a la alimentación del productor y generalmente están en modelos asociados de producción, con beneficios ecológicos según su función, pero sin desconocer su propósito productivo (**Figura 9**).

También es evidente otra característica de este modelo: trata de conservar una parte de sus semillas como elemento de resiliencia al modelo convencional, e intenta que sus entradas al sistema desde lo

externo no sean mayores que las salidas y generen la menor cantidad posible de sumideros de residuos, incorporando para ello diferentes sobrantes en los ciclos internos del sistema, tal y como se propone en la definición de los modelos SIPAS (véase p. 32).

Figura 9. Gráfico de flujo del modelo tradicional con uso animal externo



Nota: En este caso, el animal está por fuera del sistema, pero forma parte del modelo porque de este recibe alimentación y aporta trabajo para la mecanización y la carga.

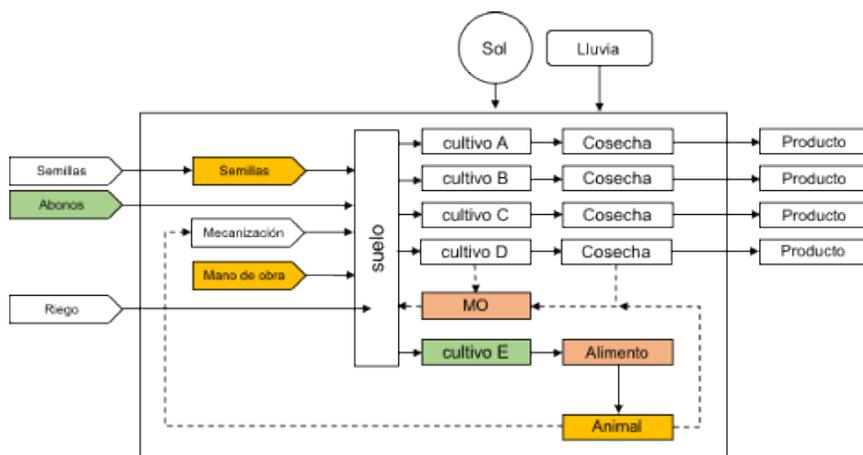
Fuente: elaboración propia.

Otro elemento importante por considerar es el manejo de los cultivos. En este modelo es orgánico, con unos insumos que compra e ingresa al sistema. Además, se reincorpora la materia orgánica al suelo, con lo que aumentan los ciclos internos. Esta materia orgánica es originada en la composta de los sobrantes de las cosechas y de cada cultivo, que van a los sumideros con impactos negativos en los recursos naturales si no se manejan adecuadamente.

El animal también puede estar al interior del sistema —que mantiene su función de carga y mecanización—. Esto abre la oportunidad de aprovechar su estiércol en la composta, con lo que aumenta su calidad y mejoran los procesos de enmiendas orgánicas para optimizar las condiciones productivas del suelo. Por lo general, la mano de obra en el cultivo es totalmente interna (familiar) en este modelo; se aprovechan la fuerza

y capacidad de trabajo del animal para hacer más simple la labor del productor (**Figura 10**).

Figura 10. Gráfico de flujo del modelo tradicional con uso animal interno



Nota: En este caso, el animal está al interior del sistema y le aporta trabajo para la mecanización y la carga, pero su estiércol también puede ser aprovechado en la mejora de la composta.

Fuente: elaboración propia.

En este sistema se observa un equilibrio entre las entradas y las salidas, con un aumento considerable de los ciclos internos y una mejora substancial en la producción de relaciones internas de mayor valor en términos energéticos y ecológicos. Es evidente que el sistema tiene ingresos externos, y que el riego para sus cultivos depende de fuentes internas. En el caso de los sistemas vistos, muchas de estas son redes comunitarias de riegos o manejos óptimos de agua para ello. También ingresan semillas externas, pero no en gran proporción, pues siempre se propende a conservar las propias.

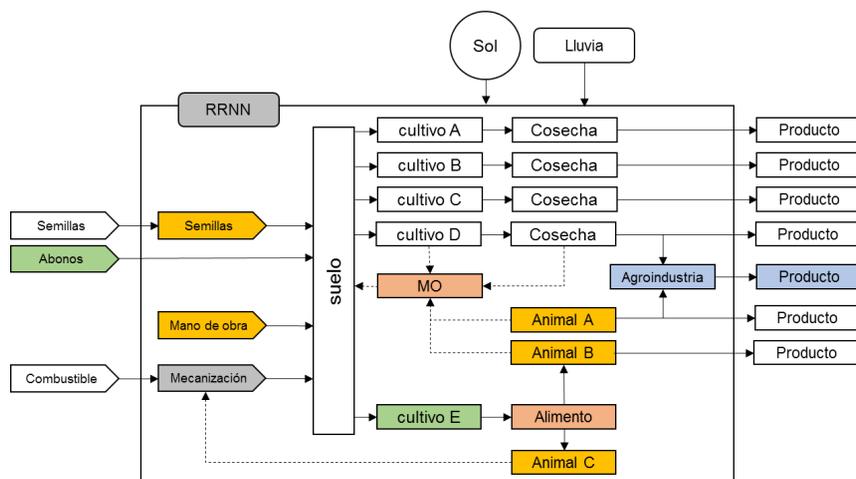
Este es un sistema con un rendimiento económico importante, pues los gastos de mecanización están subsanados con el uso del animal — que, como se dijo, obtiene su alimento al interior del sistema, pues uno de los cultivos es dedicado exclusivamente a ello (**Figura 8 y 10**)—. A este respecto también se destacan el hecho de que se conserva una parte de las semillas y se compran pocos abonos por el uso de la propia composta en el manejo de la materia orgánica del suelo.

Los ingresos de este modelo están asegurados, de un lado, por la diversificación en la producción agrícola, pues su oferta le confiere un alto grado de resiliencia frente a los cambios del valor de venta de los productos en el mercado; y de otro, por los costos de producción, más bajos que los del modelo directo.

Modelo asociado con animales

Este modelo es mucho más amplio que el anterior porque está concebido para predios productivos más grandes. Incluyen el modelo anterior, pero además de la mecanización y carga asocian animales con fines productivos, punto en que adquiere más valor el concepto de los SIPAS: dichos animales entregan al modelo elementos de valor que en los sistemas convencionales se pueden desestimar, desechar y perder (**Figura 11**).

Figura 11. Gráfico de flujo del modelo asociado con animales



Nota: En este caso se incluyen diferentes animales al interior del sistema que aportan trabajo para mecanización y carga, pero también existen animales con fines productivos que forman parte integral del sistema y aportan otros elementos al modelo. En este, además, se ve algún tipo de transformación agroindustrial, como la transformación de lácteos, el curado de carnes, la fabricación de embutidos o la transformación de vegetales en conservas, pesto y salsas, entre otras.

Fuente: elaboración propia.

En este modelo se consideran directamente los aportes de los recursos naturales y su oferta, pues se establece la oferta ambiental como un elemento adicional del sistema. Pueden llegar a tener repositorios de agua lluvia, formas de aprovechamiento de quebradas y riachuelos o ríos para riego o generación de energía (un generador con una turbina Pelton o un ariete para suministrar agua a la casa y a los sistemas productivos), pero se los protege porque se valoran los beneficios ambientales y de recursos que traen. Ejemplo de otros servicios de un bosque puede encontrarse, por ejemplo, en una red ecológica de insectos a través de la cual se obtenga control frente a un insecto que represente un problema para los cultivos (Espejo G. *et al.*, 2014).

En este modelo, las salidas son mucho mayores que las entradas del sistema, con lo que los flujos internos son más dinámicos y de mayor utilidad, y los ingresos económicos obtenidos también aumentan. Como ocurre con el modelo anterior, el grado de resiliencia del predio frente al mercado aumenta, pues sus flujos económicos no dependen de un solo elemento, sino de una variedad de ellos que salen del sistema y se ofertan en el mercado. En este sistema, la alimentación de sus integrantes depende en gran medida de lo que se produce en él, pues se cuenta con elementos suficientes que suministran alimento no solo a los animales involucrados en el modelo, sino también a los humanos que lo habitan.

Por lo general, los mercados en que participan los productores de este modelo son muy cercanos al predio. En la misma línea, los productos que ofrecen son aquellos que pueden venderse directamente en el predio, pues los compradores acuden allí por un producto específico reconocido en la zona que, además, tiene un gran valor para el mercado de intermediación. En algunas fincas, por ejemplo, ocurre que los compradores de plátanos van hasta ella por el producto; en otras, acuden por las cabras; y en otras más, por el sobrante de la recolección de látex del árbol de caucho —*ripio*—, útil para los fabricantes de suelas de zapatos.

La mano de obra proviene mayormente de la familia en este modelo, pero no se descarta tener trabajadores por contrato (jornales) que cumplan labores específicas no permanentes, tales como limpiar potreros o recolectar café, entre otras. Como los predios productivos son más grandes, en algunos se puede tener mecanización básica, representada por guadañadoras, motocultores, tractores, picadoras o maquinas similares que

implican un ingreso de combustibles al sistema para su funcionamiento, pero facilitan la labor del productor y su uso no es generalizado, pues se alterna con la mecanización animal en la mayoría de los casos.

Los animales no solo se destinan a la producción, mecanización o carga en este modelo; también aportan subproductos importantes en los flujos internos, dentro de los cuales pueden mencionarse estiércol, orina y crines, entre otros. Luego de su aprovechamiento productivo, los animales entregan elementos a los que se le aplica el principio de logística inversa, de tal manera que al modelo productivo regresen subproductos que, de no aprovecharse, se convertirían en residuos que impactarían los recursos naturales. A este respecto, es posible aprovechar los huesos para hacer harina, con el subsecuente aporte de fosfatos y fosfitos (Alberto *et al.*, 2008; Pool *et al.*, 1998). De manejarse adecuadamente estos fosfitos (ácido fosforoso), y combinados con los fosfatos (ácido fosfórico), se suministrarían las cantidades adecuadas para nutrir y estimular adecuadamente las plantas, y mantener las tasas de remoción del fósforo en los cultivos (Lovatt & Mikkelsen, 2006) por las actividades propias de la agricultura.

Con los procesos agroindustriales en este modelo, muy básicos, se transforman de manera primaria algunos de los productos producidos y se envía al mercado, o se entrega a los compradores *in situ* este producto, transformado de forma artesanal o en un modelo agroindustrial tradicional. Ejemplos de esto se encuentran en la transformación de la leche en quesos, la producción de panela, el beneficio de café para producir café pergamino² y la condensación de coágulos de látex de caucho³, entre otros.

Los procesos de transformación agroindustrial se convierten en valores agregados a los productos, con lo que el flujo de caja en cada predio productivo es mayor y la ganancia por elemento de producción mejora. En la **Figura 12** se muestra la transformación en uno de los productos

2 El café pergamino seco es el estado del grano en el cual la mayoría de los cafeteros venden y han vendido su café. Este proceso es la etapa final del beneficio. El proceso siguiente es la trilla para obtener el café almendra, materia primaria del tostado.

3 Al caucho natural (*cis*-1,4 poliisopreno), recolectado en campo en la vasija de recolección, se le aplica una sustancia adicionada estabilizante para acelerar su coagulación y retardar la acción bacteriana.

pecuarios y uno de los productos agrícolas, pero se puede presentar en más de uno; ahora bien, esto no implica que el modelo presentado en esta categoría no se aplique, pues responde a las características presentadas aquí.

Modelo animal industrial diversificado

Este modelo es el más industrial de todos, puesto que su principal actividad es la comercialización de productos primarios pecuarios, pero siempre incorpora procesos agrícolas como insumo para la alimentación de los animales. En algunos casos, la producción de alimento para estos no cubre el total del consumo; solo se produce una parte como suplemento y la alimentación restante puede ser un cultivo sin transformar (por lo general, pasturas), lo que implica menos trabajo de transformación. En lo que respecta a la investigación que dio origen a esta obra, todas las experiencias estudiadas iniciaron con un modelo convencional —ganadería de leche o carne, gallinas ponedoras o pollos de carne en confinamiento, producción de corderos en corrales, etc.— y, por las condiciones ambientales del modelo, evolucionaron a uno más sustentable.

Ahora bien, el objeto de la adopción de este modelo no siempre es la sustentabilidad (Sarandón, 2002). También se puede tener el propósito de mejorar el sistema productivo y hacerlo más eficiente en la productividad y en el aprovechamiento del recurso local para mejorar sus flujos económicos, para lo que se busca incluir más procesos internos en el sistema y más alternativas comerciales sin grandes costos de producción. Emerge casi siempre la opción de implementar una herramienta más o un aprovechamiento extra, pues conforme aumenta la dinámica de flujos internos, surgen nuevos flujos para aprovechar, y no siempre es fácil dejarlos de lado por la importancia del modelo (Odum & Barrett, 2005; Toledo, 2003).

Con lo anterior, los caminos tomados por las tipologías que se ajustan a este modelo no siempre han sido la conciencia ambiental o el planteamiento *per se* de la sustentabilidad, puesto que también existe otra alternativa lógica, esto es, la mirada productiva (en muchas ocasiones desde modelos convencionales), pero que de forma automática siempre se encamina a un mismo fin: la sustentabilidad. Esto termina por introducir a los productores en los modelos SIPAS. Ahora bien, solo cuando

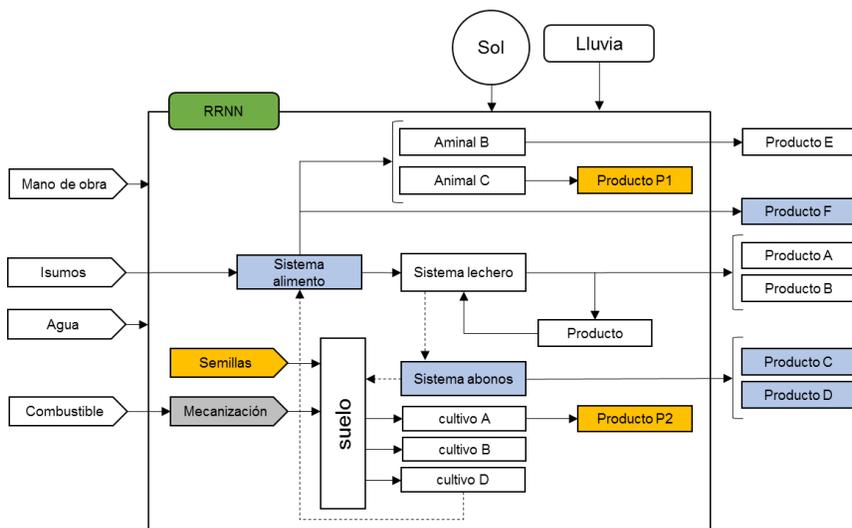
el proceso ha alcanzado un avance importante suelen convencerse ellos de las ventajas de la dimensión ecológica-productiva de la agroecología. Para muchos, se convierte este en su primer acercamiento a la agroecología y el camino inicial de su transformación definitiva.

En un predio gestionado con este modelo puede haber, por ejemplo, una cantidad de animales en producción (p. ej. bovinos de leche o carne) y un cultivo para suplementar la alimentación de estos (maíz para producir silos). Esto demanda la instalación de una planta de elaboración de suplementos alimentarios para estos animales, que dinamiza la alimentación local y reduce o especializa el ingreso de elementos de fuera del sistema.

Al evaluar la dinámica interna se puede identificar que la producción de los suplementos de alimentación animal aumenta la capacidad de tenencia de animales. Esto lleva a pensar no solo en poseer la tipología que se tiene en producción (especie, raza, propósito), sino también a incluir otro tipo de animal (para seguir el ejemplo, otro tipo de rumiantes: caprinos). El criterio que guíe la inclusión puede ser la oportunidad competitiva que en este sentido ofrezca el mercado.

Al tener esta cantidad de animales, cultivos y transformaciones de estos en suplementos alimentarios para estos animales, el productor se ve en la necesidad de hacer un manejo eficiente de las excretas de estos animales que, de no manejarse adecuadamente, se pueden convertir en un problema. Cuando vuelve a analizar los flujos del sistema, ve la oportunidad de ponerlos de nuevo en el mismo en forma de bioabonos que, desde las consideraciones técnicas de la agroecología (Gliessman, 2002), tienen ventajas competitivas frente a muchos abonos comerciales (Alberto *et al.*, 2008) por la dinámica biológica que generan en los suelos (Brechelt, 2004) y la no generación de un sumidero que pueda llegar a tener efectos contaminantes (**Figura 12**).

Figura 12. Gráfica de flujo del modelo industrial diversificado



Nota: En este caso, el animal es la base del sistema; sobre él se soporta todo el modelo de producción. Por lo general, el punto de partida de esta tipología es un modelo convencional que, a partir de una transición, fue llevado a ser sustentable, fundamentalmente por el aprovechamiento de los diferentes flujos de materia y energía adicionales que le aporta el animal, y por la reincorporación de procesos que no se hacían porque ingresaban desde fuera del sistema. En muchos de los casos, el primer paso es la incorporación de una industria de alimento animal interna, con la posterior inclusión de cultivos como materia prima de la misma, y posteriormente la transformación de los estiércoles del animal para ser convertidos en bioabonos.

Fuente: elaboración propia.

La inclusión de procesos de fertilización con estos bioabonos da lugar a un fenómeno de abundancia productiva por condiciones favorables del suelo (Brechelt, 2004; M. García & Zanor, 2020) y, además, redundante en un aumento de producción por espacio sembrado. Esto, a su vez, trae abundancia en alimento propio que se suma al de consumo interno y que, en determinadas épocas (invierno, verano, tiempo seco, etc.), brinda al productor la oportunidad de vender estos excedentes de comida a otros productores. Eso mismo puede suceder con los bioabonos, puesto que por el número y especie de animales incluidos en el sistema se convierten en una opción adicional para comerciar.

Cada una estas acciones devienen de la implementación de la noción de SIPAS en un modelo productivo: conforme se siguen los pasos para implementarlo (véase p. 32), se introduce lentamente tanto en la optimización del proceso productivo como en la mejora de los espacios naturales y ambientales, con lo que mejora la calidad del sistema productivo de forma multifuncional (Monje, 2011).

En síntesis, este modelo minimiza entradas, aumenta los ciclos internos, crea espacios que permiten aumentar los elementos de producción (animales y cultivos), favorece la transformación, agrega valor a los productos y optimiza el reciclaje y aprovechamiento eficiente de los subproductos para reincorporarlos al modelo mismo (**Figura 12**). Esto aumenta la resiliencia del sistema, toda vez que favorece la oferta de productos con potencial de mercadeo y, con ello, mejoran los rendimientos económicos y la productividad. La implementación de este modelo lleva gradualmente a la aplicación eficiente de los principios de un SIPAS y, con ello, a la sustentabilidad.

Modelo intensivo diversificado

Este es uno de los modelos que goza de más aprecio para la agroecología. Pudiera decirse, incluso, que es el modelo con que el agroecólogo sueña trabajar, puesto que su alto número de componentes en interacción lo hacen completamente sustentable. Comprende muchos procesos de producción agrícola y animal, de transformación y de construcción de suplementos alimentarios para los animales, a la vez que posee cultivos de árboles para el aprovechamiento de sus frutos y la extracción de subproductos del bosque.

En las visitas de campo se constató que en las experiencias de este tipo se buscó la diversificación en el proceso productivo desde el momento mismo de su implementación. Aun cuando en principio se hubiera planteado dedicar el predio a la producción animal o agrícola como la base fundamental del ingreso económico, siempre se tuvo en mente el objetivo de implementar más componentes productivos para hacer más resiliente al sistema frente a los factores externos, garantizar ingresos económicos de diferentes fuentes y buscar la sustentabilidad de todo el predio.

Además de las pasturas que tienen para sus animales, los productores también implementan modelos de banco de forrajes o bancos de proteínas en sus cultivos. Algunos predios visitados también tienen cultivos de caña panelera como banco de proteínas y otros disponen de unidades de transformación de la caña (moliendas) para la producción de sus derivados (miel, panela y melaza). Igualmente, estos productores diseñan o construyen secadores que aprovechan las condiciones climáticas (sol o calor) para secar o deshidratar materiales vegetales como hojas, cacao y café, entre otros. Para esto, la mayoría de estos productores aprovechan los recursos naturales de sus fincas. Como parte de las herramientas agroecológicas también construyen dietas animales a partir de sus bancos de forrajes, cuyos productos brindan energía (caña, melaza o miel de caña).

Este modelo, en el que es “obligatorio” el uso eficiente de los árboles, suele implementarse bajo los preceptos de los sistemas agroforestales (SAF) en cualquiera de sus expresiones⁴, a lo que se suman las consideraciones mencionadas en los párrafos anteriores. Los predios visitados tenían cultivos de árbol de caucho (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). A pesar de que, para entonces, sus responsables solo comercializaban coágulo de caucho, disponían de instalaciones para la transformación de este en láminas (transformación del látex del árbol del caucho en el que ya no se comercializa). También tenían cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en arreglos agroforestales y otros tipos de frutales que se comercializaban frescos, se transformaban en conservas o mermeladas, o se usaban para el consumo propio.

Estos predios también tienen cultivos de árboles maderables con fines comerciales, y estos últimos se integran a los modelos SAF ya mencionados, muchos con cercas vivas o como barreras rompevientos; además de sumar un elemento más a los existentes, ofrecen un fondo económico de renta a largo tiempo con excelentes rendimientos, en especial si se hacen con especies comercialmente demandadas que no presenten afectaciones a su modelo ni causen deterioros en su suelo. Se debe recordar que al tener maderas cultivadas con fines comerciales

4 Según el Centro para la Investigación Forestal Internacional (Cifor), existen tres tipos de SAF: a) agrosilviculturales (árboles con cultivos); b) silvopastoriles (árboles con pasturas para la ganadería); y c) agrosilvopastoriles (árboles con cultivos, pasturas y ganadería).

se puede obtener una certificación del Forest Stewardship Council (SFC)⁵ o del Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC)⁶, la cual garantiza una comercialización de mayor valor.

Algunos de los predios visitados tenían lagos que, además, se convertían en repositorios de agua e integraban la producción de peces en el consumo de la casa. Otros animales presentes en estos predios eran gallinas y pollos, generalmente para el consumo familiar, pero no se descartaba el tener modelos de gallinas ponedoras para comerciar sus huevos, con el valor agregado de que son gallinas en pastoreo o modelos de gallinas en corrales de tipo *gallina feliz* (Soler & Fonseca, 2011).

Un valor muy importante de este modelo es la capacidad de generar y desarrollar investigación junto con las innovaciones que se presentan en los predios. Muchos de ellos se convierten en centros de pruebas de instituciones de investigación para instalar modelos de cultivos novedosos, medir rendimiento de variedades nuevas y recuperar especies en pérdida cultural por falta de uso, entre otras actividades. Esto confiere un valor de crecimiento muy importante, dada la capacidad de adoptar modelos eficientes en el uso de los recursos naturales y los rendimientos de producción bajo condiciones agroecológicas óptimas.

Por ser predios productivos modelo, con investigación, ejercicios productivos agroecológicos óptimos, pruebas piloto de especies en recuperación o nuevas, y diferentes tipos de animales como elementos articuladores, estos se convierten en referencia para otros productores o centros de capacitación, que los visitan para hacer sus prácticas. Así mismo, se convierten en centros de capacitación permanente para productores encaminados a transitar del modelo convencional a los agroecológicos, pero desde la experiencia en campo (**Figura 14**). Es decir, a todas las salidas del sistema (productos) se agregan algunas más: visitas técnicas o de capacitación, y ayudas o incentivos por investigación o por jornadas de capacitación para productores. Así, estos predios, sin proponérselo, se

5 FSC inició sus labores en 1990, en el estado de California (EE. UU.). El objetivo principal de esta entidad es promover la producción forestal con condiciones ambientales y sociales apropiadas para la conservación de los bosques naturales.

6 El Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes es una organización sin ánimo de lucro, de iniciativa privada, que busca promover la conservación ambiental. Forma parte de un gran sector productivo forestal mundial.

convierten en modelos de agroturismo de experiencia, que deja rentas importantes a los productores por la excelente labor que realizan.

Por lo general, estos predios cobran un valor único por visitarlos. Este incluye las charlas técnicas, la guía del recorrido y, generalmente, el desarrollo de una práctica sobre los procesos asociados a la producción o transformación más el ofrecimiento de algún alimento, preparado con los mismos productos que se producen en el predio. Si la visita dura un día completo, se ofrecen merienda y comida; si dura menos de un día, solo la merienda.

Este modelo ostenta la mayor resiliencia entre todos los vistos, pues tiene una interacción interespecífica muy amplia (Odum & Barrett, 2005) que permite a los productores ser autosuficientes en sus modelos e, incluso, resistir eventos de aislamiento por largos periodos sin que ninguno de sus componentes afronte dificultades de alimentación. Debe recordarse al respecto que gran parte de lo que se consume en el predio se produce allí mismo, y además se cuenta con una importante capacidad de transformar gran parte de la producción para hacerla no perecedera y almacenarla o conservarla.

Si se evalúa el modelo de ingresos económicos de estos predios, ostentan dos tipos de comportamiento: renta constante o variada, con gastos de funcionamiento reducidos, pero ingresos considerables, pues el sostenimiento de los modelos productivos depende de forma masiva del equilibrio de relaciones entre los mismos componentes del sistema productivo, no de agentes externos. Se puede determinar que, si bien los ingresos por cada componente no son muy altos, muchos elementos dejan ingresos al sistema sin requerir grandes inversiones, con lo que resultan económicamente rentables. Entonces, la sumatoria de rentas en valor de ingreso por producción es mucho más alta con este modelo que en la mayoría de los sistemas convencionales.

CAPÍTULO 4

Modelo de evaluación

Al hablar sobre modelos integrados de producción agropecuaria desde la óptica del ingeniero agroecólogo, se observa que la evaluación de estos sistemas debería tener una fuerte inclinación hacia el modelo de sistemas sustentables (Sarandón & Flores, 2009), pero con elementos adicionales para valorar la integralidad y funcionalidad de los animales incluidos en estos modelos. El modelo teórico de la agricultura sustentable debe tener participación en los SIPAS, pero con la mirada de la agroecología (Sarandón, 2002). Por tal razón, se determinó que este sería uno de los elementos a evaluar. Además, se debían tener en cuenta la innovación en el predio y el uso de herramientas que brindara valores diferenciales en la producción y respondiera a las necesidades productivas del predio sin atentar contra los objetivos de la agroecología (Gliessman, 2002) o, cuando menos, que respondiera a los postulados de transición desde sus prácticas (Marasas *et al.*, 2012).

Desde estas consideraciones, se planteó una metodología para entender los modelos SIPAS de diferentes predios, y definir una primera aproximación a un modelo para evaluarlos que, como parte de la investigación, se visitarían en México y Colombia, con miras a validar las hipótesis propuestas en la realidad de la producción agropecuaria. Se encontró que muchos predios agropecuarios en donde el animal formaba parte

importante de su dimensión productiva cumplían, en buena medida, con lo planteado desde la teoría; y al someterlos al modelo de evaluación, obtenían resultados que permitían considerarlos como SIPAS. Ahora bien, el ejercicio también hizo evidente el hecho de que no existe una sola tipología en relación con los SIPAS. Por esa razón se diseñó la clasificación vista en el capítulo anterior.

A continuación, se presenta primero la metodología que se usó en el proyecto de investigación, en donde se hizo el trabajo de campo, y posteriormente se presenta el modelo para evaluarlos los SIPAS.

Metodología del proyecto que definió el modelo de evaluación

A este respecto, cabe desarrollar dos temas: de un lado, las estrategias para las visitas a los predios; y de otro, la recolección de datos y el modelo experimental para desarrollar tanto los análisis de los resultados como la presentación de los hallazgos. Estos elementos se describirán a continuación.

Visita a los predios y recolección de datos

La metodología usada para el trabajo en campo fue el estudio de caso de tipo comparativo (Hernandez Sampieri *et al.*, 2008; Pérez-Liñán, 2010), con repeticiones o tratamientos fijos (fincas, ranchos o predios productivos) por cada caso. Las zonas de trabajo fueron los estados de Guanajuato, San Luis Potosí y Quintana Roo en México, y los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Caquetá en Colombia, que por sus consideraciones ecológicas y culturales representan la riqueza natural y productiva de cada país (Mittermeier *et al.*, 1997).

Se tomó la decisión de usar la citada técnica de estudio de caso en la investigación (Neiman & Quaranta, 2006) porque permite hacer indagaciones sobre el uso sociocultural de modelos y herramientas de producción, y por la observación diferencial que se puede hacer frente al uso de modelos, técnicas y manejos particulares —para esta investigación, modelos agropecuarios integrados locales—. Justamente esa posibilidad de examen sistemático y en profundidad de cada caso involucrado erigieron esta técnica como la más apropiada (Strauss & Corbin, 2002). A esto

se sumó el hecho de que se entraría en contacto directo con entidades sociales (productores y campesinos) y se desarrollaría un trabajo de campo representativo, con lo que era necesario que los datos obtenidos pudieran analizarse mediante estadísticas no paramétricas, o bien desde la misma cuantitativa paramétrica en función del planteamiento de cada investigador; para esta investigación se hizo lo primero (Canavos, 1988).

El método comparativo, por su parte, se utilizó porque sus contribuciones son más notorias en fases tempranas de la evolución de un campo investigativo —tal es la situación de los SIPAS— (Piovani & Krawczyk, 2017), en especial cuando los cuerpos investigadores intentan establecer bases para el nivel inicial de los estudios. Las investigaciones comparativas suelen tener diseños simples, en el marco de los cuales se acostumbra a estudiar elementos de características similares que, sin embargo, difieren en algunas condiciones. En estas diferencias se enmarca el foco de las investigaciones: descubrir por qué se presentan, es decir, develar la estructura general que permite las variaciones. Además, la comparación suele ser un método eficaz para explicar conocimientos sobreentendidos —del modelo generalizado, popular, de uso común, pero no estudiado— (Pérez-Liñán, 2010), tales como los SIPAS en la investigación que motivó la publicación de esta obra.

En conjunto, tanto el estudio de caso como el enfoque comparativo se combinaron en esta investigación para generalizar los hallazgos, así como encontrar elementos comunes y disímiles que aportaran a construir conceptos innovadores frente a los SIPAS en función de los casos planteados. Esto, a su turno, abriría la puerta a la realización de estudios futuros en otros lugares.

Las visitas a cada predio, que tomaron un tiempo considerable, se desarrollaron así: 1) diálogo abierto con el productor; 2) recorrido por el predio, y 3) aplicación de los formularios de recolección de datos para la valoración respectiva, en el marco de una labor de contraste entre los datos entregados por el productor y lo visto en el recorrido. Como se dijo, se utilizó la aplicación Fincas para valorar la variable n.º 5 y el modelo i-GDA para la n.º 6. Después, se construyó un gráfico de flujo preliminar, a través del cual se buscaba mostrar las entradas y las salidas, y un aproximado de los procesos internos para acercar el predio a un modelo de sistemas (Enciso, 2018). Al final, con los datos por cada variable se

alimentó una tabla de evaluación para cada predio y se observó el rango de valoración por variable, lo cual permitiría valorar el desarrollo productivo de cada predio frente a las apreciaciones sobre los modelos SIPAS planteadas como parte de la investigación.

Diseño experimental del proyecto

El diseño experimental se basó en dos bloques —casos— homogéneos (B_1 y B_2) con un número de tratamientos T_n —fincas o predios productivos— para cada bloque, que en ningún caso podía ser superior a 5 ni inferior a 3 por la complejidad que podría representar para el proyecto (Tabla 4), y 7 variables a medir en cada tratamiento — V_1, V_2, \dots, V_8 — (Tabla 5).

Tabla 4. Diseño experimental: bloques y tratamientos

		Tratamientos			
		T_1	T_2	T_3	T_n
Bloques	México	Finca México 1 tM_1	tM_2	tM_3	tM_n
	Colombia	Finca Colombia 1 tC_1	tC_2	tC_3	tC_n

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Variables

Variable	Medidas		Tipo de dato
	Primaria	Secundaria	
1. Uso de herramientas agroecológicas	Número de herramientas usadas	Tipo de herramienta	Numérico/ cualitativo
2. Integración de animales	Número de especies animales, y cantidad por hectárea.	Uso de especies locales o criollas	Numérico/ cualitativo
3. Uso de especies vegetales	Número de especies vegetales usadas.	Uso de especies locales o criollas	Numérico/ cualitativo
4. Uso de insumos locales	Número de insumos usados	Tipo de insumos	
5. Índice de sustentabilidad (aplicación Fincas)	Numérica	Diagramas radiales de sustentabilidad	Índice

Variable	Medidas		Tipo de dato
	Primaria	Secundaria	
6. i-GDA	Númerica	Especies involucradas en su alimentación	Índice/ numérico/ cualitativo
7. Recirculación de nutrientes	Número de flujos	Tipo de flujos	Númerico/ cualitativo

Fuente: elaboración propia.

El análisis estadístico de la información se adelantó a partir de un modelo descriptivo simple, de acuerdo con los datos recolectados en cada variable por cada tratamiento, agrupadas luego por cada bloque, con contrastes múltiples entre cada caso y todos los demás (Devore, 2004; Walpole *et al.*, 2012). A los resultados del trabajo de campo se les aplicó una prueba de medias múltiples en busca de similitudes o diferencias honestamente significativas, para alcanzar mayor validez de cada modelo en cada predio y facilitar la interpretación (Canavos, 1988).

De los análisis nombrados se desprendieron tanto la tipología de SIPAS, descrita en un capítulo previo, como el análisis de cada uno de los predios visitados según las variables y escalas vistas. Esto último será objeto de un desarrollo posterior, a plasmarse en una publicación futura sobre experiencias productivas en Colombia y México bajo el concepto de SIPASS. Esa obra futura versará sobre la práctica de los productores en los predios visitados, a manera de devolución creativa —metacognición— del proyecto a cada uno de ellos (Juliao, 2011).

Metodología para evaluar predios bajo el concepto de SIPAS

Cabe reiterar que los SIPAS son modelos de producción integrados de animales y cultivos con un aprovechamiento eficiente de los flujos de materia y energía, y en favor de la dimensión ecológica-productiva de la agroecología, en los que obligatoriamente intervienen humanos, animales, cultivos y recursos naturales en un proceso de coevolución social y natural —llevado a cabo a partir de los principios consignados el segundo capítulo de esta obra (véase p. 32)—.

Se determinó que se debía evaluar elementos con base en los cuatro principios citados. Así mismo, dicha evaluación no podía tornarse subjetiva, porque de otro modo no aportaría elementos numéricos de valor que, ubicados en una escala, permitieran contrastar el estado o la evolución de la implementación con la tipología mostrada en el capítulo anterior —como se explicitó, esta se basó tanto en postulados teóricos como en las visitas a los predios—.

Si bien los cuatro principios citados abrían la posibilidad de valorar elementos diversos, se optó por limitar el nivel de complejidad del método para que cualquier productor pudiera usarlo en pro de mejorar su modelo productivo. A esto se sumó el hecho de que cada predio sería considerado un caso individual, lo que demandaba componer un modelo de evaluación de naturaleza comparativa (Piovani & Krawczyk, 2017).

Con lo anterior, se plantearon, en principio, diez variables a evaluar:

1. Uso de herramientas agroecológicas
2. Integración de animales
3. Integración de especies vegetales
4. Uso de insumos locales
5. Indicadores de sustentabilidad
6. Dependencia alimentaria
7. Flujos
8. Participación en mercados
9. Mano de obra o generación de empleo
10. Ingresos económicos

Estas variables entregarían un universo muy amplio del espectro funcional de un sistema productivo bajo los principios de los SIPAS, pero se encontraron dificultades para valorar algunas de ellas. Por esa razón, se tomó la decisión de simplificar la lista para componer una evaluación más integral y válida. Se prescindió, entonces, de tres variables por las razones que se exponen a continuación:

- Variable n.º 10: la obtención de ese dato demandaría un tiempo con el que no se contaba en la investigación. Además, el modelo de salida de productos comerciales podía hacerse evidente a través de los flujos energéticos (Purroy *et al.*, 2016), aun cuando no se midieran los ingresos monetarios de forma cuantitativa.
- Variable n.º 8: no se tenía claro cómo medirla. Existían las posibilidades de estimar la participación en mercados, la frecuencia de mercados en que se participaba o el tipo de mercados en que podían venderse los productos. Se determinó, entonces, que se describirían las apreciaciones de cada productor sobre los mercados, pero no era posible hacer una valoración que contemplara posibilidades como las enunciadas pues, de un lado, no se contaba con sustento suficiente para hacer una cualificación real; y de otro, esta información podía representarse con la variable n.º 5 (Ángel Sánchez *et al.*, 2015; Chaparro, 2010).
- Variable n.º 9: el uso de la mano de obra interna, familiar, o el apoyo del trabajo comunitario de cualquier forma de trueque o mano cambiada (Blanco, 2013) también podía verse a través de la variable n.º 5, con lo que usar también la n.º 9 complejizaría la evaluación sin necesidad.

Variable 1: uso de herramientas agroecológicas

Según el *Diccionario de la lengua española*, una herramienta (del latín *ferramenta*, pl. de *ferramentum*, -i) es un “instrumento, generalmente de hierro o acero, con que trabajan los artesanos” (RAE, 2014). Puede complementarse esta acepción con que la *herramienta* es un instrumento que permite realizar ciertos trabajos y que facilita, hace más eficiente o acelera un proceso cuyo desarrollo podría retrasarse, atrofiarse o demorarse más de no utilizarlo. Las herramientas son diseñadas y construidas según la necesidad del usuario final, en busca de coadyuvar a la ejecución de una tarea repetitiva que, por su naturaleza, puede requerir una fuerza superior a la humana.

Más allá de lo anterior, se suele llamar *herramientas agroecológicas* a los métodos prácticos de evaluación de un proceso, tales como Mesmis (Masera *et al.*, 2000) para efectos de sustentabilidad, el aplicativo Fincas (Monje *et al.*, 2015; Monje & Rojas, 2015) o la investigación participativa

orientada al desarrollo de sistemas sustentables (Casado & Mielgo, 2007); son, en términos más precisos, *herramientas metodológicas*. A estas se suman las que pueden llamarse *herramientas físicas*: innovaciones para hacer procesos productivos más amigables con el ambiente, tales como secadores o deshidratadores solares (Espinoza, 2016; L. García *et al.*, 2012); herramientas de mecanización de mínimo impacto en el suelo (Gómez-Calderón *et al.*, 2018; Gracia, 1999); uso de animales para carga o mecanización (Chirgwin, 1997), y fabricación de alimento o suplementos alimentarios animales, entre otras.

En estos términos, la presencia de un número importante de estas técnicas o procesos en un predio brinda elementos de valor para que se lo pueda considerar dentro de los parámetros de los SIPAS. Además, estas herramientas que implican un proceso de transformación o productivo pueden dar lugar a la reincorporación de subproductos al mismo predio (con lo que se satisfaría el primero de los pasos vistos en la p. 32).

La escala de medición de esta variable considera los dos tipos de herramientas vistos (físicas y metodológicas). El predio debe usar por lo menos una de tipo físico para que se lo valore a este respecto. Es decir, si un predio solo usa herramientas metodológicas, no se pueden sumar en la escala. La **Figura 14** esquematiza la escala de valoración.

Figura 14. Escala de valoración de la variable 1

1 herramienta física	1 herramienta física + 1 herramienta metodológica	Hasta 3 herramientas físicas y metodológicas	Hasta 5 herramientas físicas y metodológicas	Más de 5 herramienta físicas y metodológicas
BAJO		MEDIO	ALTO	ÓPTIMO

Nota: La escala fue el resultado de la comparación entre los predios visitados y las valoraciones que se realizaron en compañía de la mayoría de sus propietarios.

Fuente: elaboración propia.

Variable 2: integración de animales

Visto que un modelo SIPAS debe incluir de forma integral el uso de animales tanto para la producción como para el trabajo, la evaluación de esta variable es tan sencilla como importante. Como se ha dicho, el uso animal no solo se configura como un elemento adicional de producción

o de aporte al trabajo, la mecanización, el transporte o la carga; además de ello, aporta otros elementos que pueden y deben ser usados como un insumo local para dar lugar a ciclos internos de nutrientes, enriquecer la productividad de los suelos y mejorar los productos agrícolas.

La evaluación del componente animal de un SIPAS se realiza en dos frentes: 1) el animal como un elemento productivo para la comercialización o el consumo; y 2) el animal como un elemento de apoyo al trabajo, transporte o carga. Se hace obligatorio que todo modelo SIPAS incluya por lo menos un elemento animal orientado a lo productivo como mínimo para ser valorado, aun cuando se tengan otros animales para trabajo o carga. En consonancia con lo dicho, la escala de valoración se ha establecido de acuerdo con la cantidad de especies animales en el predio productivo y su uso (**Figura 15**).

Figura 15. Escala de valoración de la variable 2

1 especie para la producción Obligatorio	1 especie para producción + 1 especie para trabajo	Hasta 3 especies para la producción el trabajo	Hasta 5 especies para la producción el trabajo	Más de 5 especies para la producción el trabajo
BAJO		MEDIO	ALTO	ÓPTIMO

Nota: Obligatoriamente se requiere tener, como mínimo, una especie animal con fines productivos para que se otorgue una valoración a esta variable, al margen de que tales fines sean el comercio o el consumo propio (porque en ambos casos se contribuye con la producción a la alimentación de los habitantes del predio). Fuente: elaboración propia.

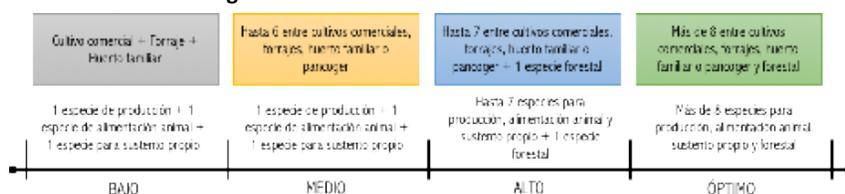
Variable 3: integración de especies vegetales

Los cultivos que se incluyan en los SIPAS —cuya presencia, como la de los animales, es obligatoria— deben tener cuatro posibles fines:

- Comerciales
- Alimentación animal
- Alimentación y sustento propios (Monje, 2014)
- Protección o conservación

En cada cultivo pueden existir otros que se transformen en materias primas para venta de frescos, forrajes o proteínas orientadas a mejorar las dietas animales en pastoreo y ramoneo; o para la construcción de silos, piensos o henos, huertos familiares, frutales o cultivos de pancoger, cultivos forestales con fines comerciales de maderables, resinas o derivados del bosque, o árboles como barreras vivas, rompevientos, franjas de protección de fuentes hídricas o bosques de reservas, entre otros. En este caso, la escala de valores se ha dispuesto en función de la cantidad de especies vegetales en el predio productivo y su uso (**Figura 16**).

Figura 16. Escala de valoración de la variable 3



Nota: Es necesaria la presencia de, cuando menos, tres especies diferentes de cultivos para que esta variable sea valorada. Más aún, cada cultivo debe satisfacer por lo menos tres de los cuatro fines expuestos. Fuente: elaboración propia.

Variable 4: uso de insumos internos

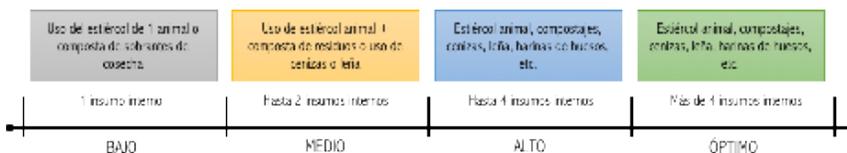
Esta variable es la más común en la mayoría de los predios que inician su tránsito a la agroecología, y constituye una de las razones para justificar el carácter integral del aporte animal en los SIPAS: el suministro de materia orgánica por sus excretas. Pero también es evidente que no solo de estas se puede obtener materia orgánica; existe una buena cantidad de procesos de compostaje que podrían satisfacer ese objetivo y que, según la apreciación de cada productor, podrán ser mejor o peor valorados.

El uso de insumos internos es una de las mejores formas de hacer recirculación de nutrientes en un predio productivo. Esto es particularmente benéfico si dichos insumos pasan por un proceso de composta o maduración que permita estabilizar los microorganismos presentes en ellos, mejorar las condiciones húmicas, generar procesos de precursores húmicos y elementos con acción de quelatación, y, con todo ello, propiciar un aumento en la biota benéfica en el suelo (Julca-Otiniano *et al.*, 2006; Orozco Aceves, 2019).

Ahora bien, esta variable no se limita a los dos procesos vistos. También se toma en consideración el uso de cenizas de hornos, carbón vegetal —*biochar*— (Lehmann *et al.*, 2011) o harinas de huesos que aportan una importante cantidad de minerales al suelo. En el caso de los SIPAS, esta es una variable que da sustento a la integración de plantas con animales, puesto que justifica la relación cíclica entre los componentes animal y vegetal. En esta línea, se debe incluir también el uso de materiales obtenidos en el predio tales como maderas por socas de cultivos, o bien maderas de entresacas de barreras vivas para mantenimientos de cercas o corrales, entre otros. Si bien debe reconocerse que podrían existir otros insumos internos que no se hayan tenido en cuenta en la presente obra, es importante anotar que estos no se deben confundir con el uso de herramientas agroecológicas, ni con el uso de especies vegetales para la construcción de dietas animales.

Valga hacer una distinción entre herramientas e insumos mediante tres ejemplos. Un abono orgánico es una herramienta agroecológica, mientras que el estiércol o los sobrantes de cosecha que se usaron para su elaboración son los insumos internos (siempre que se originen en los animales o cultivos del mismo predio). Un biodigestor es una herramienta; la porquinaza usada para gasificar en él, insumo interno. Y el silo para la alimentación animal es una herramienta; los forrajes o proteínas usados para la elaboración del ensilaje, insumos. Esta distinción radica en que se puede tener la herramienta agroecológica en el predio y esto le confiere valor en cuanto a la variable 1, pero los insumos para hacer que esta funcione podrían ser comprados, hecho que no daría valor al uso de insumos internos, pues estos terminarían por ingresar al sistema y ello afectaría directamente la variable 7 (que tiene una valoración numérica entre las entradas y las salidas). La escala de valor ha sido concebida en este caso en función de la cantidad de insumos locales que se usen (**Figura 17**).

Figura 17. Escala de valoración de la variable 4



Nota: El uso de insumos internos está directamente ligado a la cantidad que se usa en el predio; la variable será mejor valorada conforme se involucren más elementos en el proceso.

Fuente: elaboración propia.

Variable 5: indicadores de sustentabilidad

La definición de agricultura sustentable aportada por Sarandón y Flores (2014) fue la base para construir la escala de valoración de esta variable; con este tipo de agricultura se busca extender los espacios para usos de policultivos o cultivos dinámicos, ampliando los rendimientos y la eficiencia energética por diversificación y no por intensificación. Recuérdese que la evaluación de la sustentabilidad desde esta apreciación, y desde el mismo concepto Brundtland (Constanza, 1997), ha llevado a que existan diversos enfoques, métodos, modelos o estrategias a seguir en este sentido.

Diversas experiencias han propuesto estrategias para la construcción de indicadores de evaluación de sustentabilidad, a través de las cuales se han configurado metodologías dirigidas a esa finalidad. Entre ellas se reconocen procesos que proponen, por ejemplo, la construcción de puntos críticos de sustentabilidad de agroecosistemas (Sarandón & Flores, 2009); la valoración productiva de sistemas y subsistemas para el manejo sustentable de recursos naturales (López-Ridaura *et al.*, 2002); la construcción de indicadores locales diferenciales por zonas productoras o la agrupación de productores (Acevedo-Osorio & Angarita-Leiton, 2013), e, incluso, indicadores genéricos cualitativos que permitan hacer un diagnóstico rápido a través de encuestas estructuradas que se aplicarían en cualquier predio al margen de su ubicación, y que considerarían aspectos de equilibrio ambiental (Monje *et al.*, 2015; Monje & Rojas, 2015).

Al margen de la metodología empleada, la valoración de esta variable debe tener en cuenta una consideración: los resultados (por predio

evaluado) deberán disponerse en una escala como la que se presenta en la **Figura 18**.

Figura 18. Escala de valoración de la variable 5



Nota: Esta escala de valoración tiene cuatro niveles. Los predios que están iniciando procesos agroecológicos —o que se encuentran en transición hacia ellos— se encuentran en los dos primeros; los más avanzados, en los dos últimos. Fuente: elaboración propia.

Para el caso de la experiencia de investigación que dio origen a esta obra se usó el aplicativo Fincas (Monje *et al.*, 2015), cuya versatilidad hizo posible, de un lado, validar la sustentabilidad en predios rurales en diferentes zonas sin construir indicadores en cada uno; y de otro, realizar la valoración de formas práctica y ergonómica, a partir de una encuesta estructurada. Los resultados permitieron revisar el estado de sustentabilidad del predio en una escala numérica, así como presentar información en campo de fácil lectura e interpretación —bondad adicional de la aplicación Fincas— a productores o campesinos.

La aplicación Fincas dispone de una métrica de evaluación cuyos resultados se llevaron a la escala de la variable 5 para la evaluación de SIPAS (**Figura 18**). La escala numérica de la aplicación va de 1 a 10: los predios que obtienen una valoración de 1 a 4 puntos no se consideran sustentables; entre 4 y 5 presentan elementos que les pueden dar bases para iniciar un proceso de sustentabilidad; entre 5 y 7 pueden encontrarse en un proceso en transición; entre 7 y 8 se considera que tienen elementos de sustentabilidad y su evolución es evidente, y aquellos que obtienen valoraciones superiores a 8 se consideran sustentables (**Figura 19**).

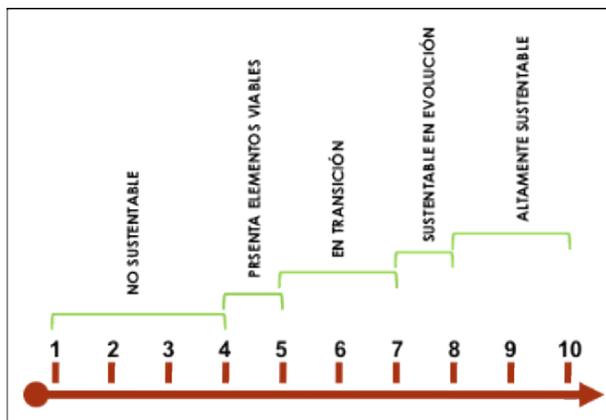
Para efectos de los SIPAS, se adaptaron los valores anteriores a la escala de sustentabilidad presentada en la **Figura 18**, así:

- 4 o inferior: no es objeto de valoración.
- Entre 4 y 5: baja.
- Entre 5 y 7: media.

- Entre 7 y 8: alta.
- Superior a 8: óptima.

Como se ha dicho, la anterior no es la única manera de valorar la sustentabilidad. Queda entonces a libre arbitrio la decisión de usar otra metodología para ello y, en consecuencia, la responsabilidad de vincularla a la escala presentada en la **Figura 18**. Pero, cualquiera que fuere la decisión que se adopte frente al asunto, debe tenerse presente que el objeto de la valoración ha de ser el mismo: mostrar la forma como la evaluación de la sustentabilidad desde un enfoque holístico puede aportar a definir predios bajo el concepto de SIPAS.

Figura 19. Escala numérica de la aplicación en fincas



Fuente: Monje *et al.* (2015).

Variable 6: dependencia alimentaria

La alimentación está directamente ligada a la evolución de la humanidad, pues está compuesta por elementos que forman parte de la coevolución de la especie con lo cultural y la adaptación a su hábitat. Por lo anterior se hace evidente, entonces, que el ser humano se apropia de especies naturales para su sustento. Pero también es importante valorar sus modelos de consumo para ajustarlos a su forma de vida en función de la oferta del territorio —productividad potencial— (Monje *et al.*, 2018). Esto hace que cobre valor significativo la posibilidad de medir

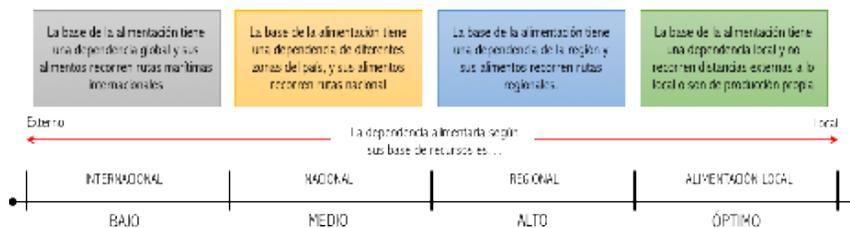
la capacidad de alimentación y sustento propio (Monje, 2014), planteado como el paradigma de los últimos tiempos en el mundo, puesto que de ella depende la pervivencia de la especie humana, lo mismo que sus desarrollos naturales y culturales en coevolución con los modelos sociales (Norgaard, 2006).

Con la inclusión de la variable sobre alimentación y sustento propio en la valoración de modelos SIPAS se buscó configurar un espacio a través del cual fuese posible medir directamente la capacidad de cada predio para producir su propio alimento, así como validar la dependencia externa en la acción humana de alimentarse. Se decidió usar para ello el índice Globo Dependencia Alimentaria, i-GDA (Monje *et al.*, 2018).

La ventaja de usar este índice —debe decirse que existen otros (Ortega-Cerdà & Rivera-Ferre, 2010)— radicó en que, a partir de su función estructurada, brindaba indicadores sobre cuán “local” era la alimentación en cada predio (la escala contempla los niveles “local”, “regional”, “nacional” e “internacional”) con base en los datos de los alimentos puestos en la mesa de la familia que lo habitaba, durante un periodo de tiempo definido. También entregaba ventajas de uso fiable, pues ya tenía una validación en campo con compradores habituales de mercados agroecológicos, comunidades rurales y comunidades étnicas en territorio (Monje *et al.*, 2018); y su aplicación ya ostenta reconocimiento, ya que se han dispuesto espacios de capacitación sobre el tema a grupos de trabajo de instituciones diferentes a la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, en los que se ha extendido la invitación a usar el i-GDA en proyectos de investigación que pretendan valorar la alimentación como insumo local (Vega & Monje, 2018).

A la fecha, i-GDA es la herramienta más práctica y ajustada para medir la huella de la comida y ubicarla en una escala dimensional de procedencia. Sin embargo, esto no descarta que se pueda trabajar con otros métodos que cumplan con la misma función, siempre que los resultados puedan ajustarse a la escala de valoración de la variable (**Figura 20**).

Figura 20. Escala de valoración de la variable 6



Nota: Esta valoración tiene cuatro niveles. Se requiere tener por lo menos una herramienta física para que exista una valoración. Estos valores fueron el resultado de la comparación entre los diferentes predios visitados y las valoraciones hechas con la mayoría de sus propietarios.

Fuente: elaboración propia.

Además de evaluar la dependencia alimentaria entre las escalas local y global, el modelo del aplicativo i-GDA puede usarse de forma individualizada, o bien en una comunidad o región, si se suman los resultados de los ciudadanos. Su forma de operar es práctica: parte de preguntas sobre los ingredientes usados para la alimentación diaria y su repetición da lugar a un rango mucho más ajustado por la variación de la misma. Su rango de evaluación numérica va de 1 a 5: los resultados cercanos a 1 corresponden a alimentaciones con muchos productos locales; si el valor se aproxima a 5, se trata de alimentaciones con productos de otros países (Monje *et al.*, 2018)¹.

A juzgar por la experiencia de trabajo que los suscritos autores tuvieron al desarrollar la investigación que dio origen a este libro, es muy extraño que la alimentación de un predio productivo rural sea totalmente externa, pues siempre existen elementos que se producen en el mismo predio o en la vecindad. Empero, también existen elementos que deben provenir de fuera por ser imposible su producción al interior del predio o de forma local. Esta realidad no se deja de lado en el i-GDA: sus valores nunca van a ser iguales a 1 o 5, aunque puedan acercarse a esas cifras (Figura 21).

1 Para más información sobre esta metodología, véanse, de un lado, un artículo de la *Revista Inventum* (adscrita a la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO) disponible en <https://bit.ly/3SL8EBp>; y de otro, la publicación de los coloquios que se han desarrollado en el Parque Científico de Innovación Social (PCIS), disponible en <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/7367>

Figura 21. Escala de i-GDA aplicada en una comunidad indígena colombiana

Nota: Esta fue la medición del grado de dependencia alimentaria que se realizó en la comunidad indígena sáliba del resguardo El Suspiro en el municipio de Orocué (departamento del Casanare). Se muestra que la etnia depende fundamentalmente del recurso local para su alimentación.

Fuente: (Quintero & Monje, 2018).

Variable 7: flujos

El objetivo de estimar los flujos en un sistema agropecuario, incluidos los aportes de los recursos naturales, para observar y valorar su uso radica en estimar la utilidad real de estos en un predio productivo. Graficar dichos flujos permite ver su funcionamiento y aportes, al tiempo que permite evaluar flujos nuevos y potenciales de cada producto involucrado en el agroecosistema.

Esta forma de visualizar un predio productivo brinda la posibilidad de reconocer el aprovechamiento eficiente de los flujos (materia y energía) en favor de la dimensión ecológica-productiva, a fin de contribuir a la mejora del proceso productivo en el sistema (habida cuenta de que toda materia aprovechable se debe reintegrar a los ciclos vitales en la producción y la conservación) mediante la observación, la medición constante y la valoración de su aporte en el tiempo (Odum & Barrett, 2005).

Si se observa en detalle un gráfico de flujos, se puede entender que en su interior se conforman muchas relaciones. Ahora bien, formas prácticas de medir la eficiencia de un sistema en el gráfico son observar y comparar sus entradas y salidas, o hacer lo propio con el uso de herramientas en los modelos de agricultura familiar frente a su consumo energético (Paliouff & Gornitzky, 2012). La primera es, justamente, la relación que se planteó tener en cuenta para esta variable: entradas *versus* salidas. Para la agroecología, las primeras se deben minimizar mientras se incrementan las segundas, siempre en favor de la sustentabilidad (Altieri, 1999).

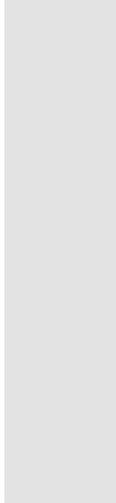
Así entonces, valorar esta variable requiere, primero, construir un gráfico de flujos y revisar las entradas y salidas de cada predio como un sistema (Enciso, 2018), con especial atención en la toma de decisiones al interior del modelo productivo; y segundo, contar las entradas y salidas (S), y aplicar la fórmula E/S . El resultado será la esperable relación de entradas *versus* salidas (F_i), cuyo valor podrá ubicarse en uno de los rangos de valoración de la variable que se muestran en la **Figura 22**.

Figura 22. Escala de valoración de la variable 7



Nota: Esta valoración tiene cuatro niveles. Se debe contar, como mínimo, con una herramienta física para que se asigne una valoración a esta variable. Estos valores fueron el resultado de la comparación hecha entre los diferentes predios visitados y las valoraciones realizadas con la mayoría de sus propietarios. Fuente: elaboración propia.

Para que se considere evaluar esta variable, F_i no puede ser superior a 1, puesto que un resultado de ese tipo indicaría desbalance a favor de las entradas y esa no sería una relación válida para la agroecología. Ahora bien, el hecho de que la situación anterior llegara a presentarse abriría la puerta a evaluar qué recurso(s) externo(s) podría(n) sustituirse por un insumo interno. Trabajar con miras al objetivo anterior redundaría en mejoras para las variables 4 y 7.



Índice de tablas

Tabla 1. Comparación de rasgos: revolución verde frente a la agricultura sustentable	43
Tabla 2. Comparación de enfoques: modelo de revolución verde frente a la agricultura sustentable	43
Tabla 3. Diferencias entre la economía y la ecología	61
Tabla 4. Diseño experimental: bloques y tratamientos	96
Tabla 5. Variables	96

Índice de figura

Figura 1.	Componente disciplinar de la agroecología	29
Figura 2.	Relaciones interdisciplinarias y transdisciplinarias de la agroecología	31
Figura 3.	Dinámica funcional del modelo SIPAS	57
Figura 4.	Aprendizaje por observación en el inicio de la ganadería	66
Figura 5.	Resultados generales de inventario GEI en 2012	70
Figura 6.	Relación de componentes de los SIPAS en la agricultura sustentable	72
Figura 7.	Gráfico de flujo del modelo directo	75
Figura 8.	Gráfico de flujo del modelo directo con elementos ecológicos	77
Figura 9.	Gráfico de flujo del modelo tradicional con uso animal externo	80
Figura 10.	Gráfico de flujo del modelo tradicional con uso animal interno	81
Figura 11.	Gráfico de flujo del modelo asociado con animales	82
Figura 12.	Gráfico de flujo del modelo industrial diversificado	87
Figura 13.	Gráfico de flujo del modelo diversificado	89
Figura 14.	Escala de valoración de la variable 1	100

Figura 15. Escala de valoración de la variable 2	101
Figura 16. Escala de valoración de la variable 3	102
Figura 17. Escala de valoración de la variable 4	104
Figura 18. Escala de valoración de la variable 5	105
Figura 19. Escala numérica de la aplicación en fincas	106
Figura 20. Escala de valoración de la variable 6	108
Figura 21. Escala de i-GDA aplicada en una comunidad indígena colombiana	109
Figura 22. Escala de valoración de la variable 7	110

Referencias

- Acevedo-Osorio, Á., & Angarita-Leiton, A. (2013). Metodología para la evaluación de sustentabilidad a partir de indicadores locales para el diseño y desarrollo de programas agroecológicos, MESILPA. In *UNIMINUTO*. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Acevedo, Á. (2004). *Agricultura sustentable*. Silueta Editores.
- Alberto, J., Herrán, F., Raudel, R., Torres, S., Enrique, G., Martínez, R., Martínez Ruiz Y Víctor, R., Portugal, O., & Ximhai, R. (2008). IMPORTANCIA DE LOS ABONOS ORGÁNICOS. *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 4 (1), 57 - 67.
- Altieri, M. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. In *Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes* (pp. 19–31). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-50019-9.50005-4>
- Altieri, M. (2018). *Agroecology: The Science Of Sustainable Agriculture, Second Edition - Miguel A Altieri - Google Libros*. CRC Press.
- Altieri, M., Hecht, S., Liebman, M., Magadoff, F., Norgaard, R., & Sikord, T. (1999). *Agroecología : bases científicas para una agricultura sustentable*. Nordan. <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>

- Altieri, M., & Nicholls, C. (2012). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Agroecología*, 7 (2), 65 - 83. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182861>
- Altieri, M., Nicholls, C., Henao, A., & Lana, M. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. In *Agronomy for Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Amaya Mantilla, C. A. (2018). Identificación de estrategias empleadas para la optimización del uso eficiente del suelo. *Dinamica Ambiental*, 1. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4587>
- Ángel Sánchez, D. I., Cárdenas Sánchez, L. F., & Sánchez de Prager, M. (2015). Percepción de servicios ecosistémicos (SE) en dos mercados campesinos agroecológicos en Tuluá (Valle del Cauca, Colombia). *V Congreso Latinoamericano de Agroecología*, 1–6. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/54396>
- Arcken, B. (2011). Interacción entre humanos y animales. *Revista Universidad de La Salle*, 32 (54), 149 - 159. <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-de-la-universidad-de-la-salle/articulo/interaccion-entre-humanos-y-animales>
- Argüello-Rangel, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2019). Fodder shrubs: Relevance in cattle systems of Colombian low altitude lands. *Agronomy Mesoamerican*, 30 (3), 899 - 915. <https://doi.org/10.15517/AM.V30I3.35136>
- Arias, M. L., Inés, C., & Cano, M. (2009). Agrobiodiversity genetic resources conservation for the development of sustainable production systems. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10 (1), 33 - 42.
- Atancez, I., & Tió, J. (2000). La multifuncionalidad de la agricultura: aspectos económicos e implicaciones sobre la política agraria. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*.
- Barrera, M., Vélez, L. D., & Muriel, S. B. (2019). *Evaluación de la multifuncionalidad de la agricultura de los sistemas de producción tradicional del Occidente cercano de Antioquia - Colombia* [Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79450>
- Blanco, M. (2013). *La agroecología como transformadora de las relaciones sociales políticas : el caso de la federación de centros agrícolas y organizaciones*

- campesinas del Litoral (FECAOL), Guayas, Ecuador (Tesis de Maestría).* [FLASO]. www.flascoandes.edu.ec
- Brechelt, A. (2004). Manejo Ecológico del Suelo. In *Agricultura, Fundación Ambiente, Medio*.
- Calderón, M. F. (1991). La Agrónica: informática, electrónica, telecomunicaciones al servicio de los recursos naturales. *Ingeniería e Investigación*, 23, 3 - 6. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingevin/article/view/20672>
- Calle, Á., Gallar, D., & Candón, J. (2013). Agroecología política: la transición social hacia sistemas agroalimentarios sustentable. *Revista de Economía Crítica*, 2(16), 244–277. <https://core.ac.uk/download/pdf/51383182.pdf>
- Canavos, G. (1988). Probabilidad y Estadística: aplicaciones y métodos. In *McGraw Hill*. <https://gsosa61.files.wordpress.com/2008/03/10-cana-vos-g-probabilidad-y-estadistica-aplicaciones-y-metodos.pdf>
- Casado, G. I. G., & Mielgo, A. M. A. (2007). La investigación participativa en agroecología: una herramienta para el desarrollo sustentable. *Ecosistemas: Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 16 (1), 24 - 36. <https://doi.org/10.7818/re.2014.16-1.00>
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde. Tragedia en dos actos. *Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México*. <https://doi.org/ISSN:0187-6376>
- Cerdá, E. (2016). Economía Circular. *Economía Industrial*, 401.
- Chaparro, A. (2010). Emprendimientos y empresas agrarias y rurales más sostenibles, para la sustentabilidad de los territorios. *Agronomía Colombiana*, 28(3), 483–490. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180320698015>
- Chirgwin, J. C. (1997). Los animales de trabajo y el desarrollo sostenible. *Revista Mundial de Animales - FAO*, 1 (88), 1 - 12. <http://www.fao.org/AG/agA/AGAP/FRG/FEEDback/War/V8180b/v8180b0p.htm>
- Cieza, R., & Flores, C. C. (2007). SUSTENTABILIDAD ECONÓMICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS ESTRATEGIAS DE DIVERSIFICACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS DE LA CUENCA DEL SALADO, ARGENTINA. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2(1), 264–267. <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/download/6288/4595>

- Constanza, R. (1997). La economía ecológica de la sostenibilidad invertir en capital natural. In R. Goodland (Ed.), *Medio ambiente y desarrollo sostenible : más allá del informe Brundtland*. (pp. 103 - 114). Trotta.
- Cruz-Rodríguez, J., González, E., & Villegas, A. (2015). Control autónomo de la cochinilla silvestre (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) en una plantación de nopal tunero con manejo ecológico. In Universidad Nacional de La Plata (Ed.), *Memorias V Congreso Latinoamericano de Agroecología - SOCLA* (pp. 1–4). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53267>
- Cure, L., Meza, J., & Amaya, R. (2006). Logística inversa: una herramienta de apoyo a la competitividad de las organizaciones. *Ingeniería y Desarrollo: Revista de La División de Ingeniería de La Universidad Del Norte*.
- D. Torres, T. C. (2004). Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental | Torres | Revista Ecosistemas. *Ecosistemas Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 13 (3), 2 - 6. <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/201>
- DANE. (2015). Censo Nacional Agropecuario (CNA). In *Resultados Nacionales con resúmenes Provinciales CNA 2000*.
- Delgado, M. (2010). EL SISTEMA AGROALIMENTARIO GLOBALIZADO: IMPERIOS ALIMENTARIOS Y DEGRADACIÓN SOCIAL Y ECOLOGICA. *Economía Crítica*, 10, 32–61. <https://idus.us.es/handle/11441/84058>
- Devore, J. L. (2004). Probabilidad y estadística para ingeniería. In *Cengage Learning*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-2797-0.00001-1>
- Elliott, E. T., & Cole, C. V. (1989). A Perspective on Agroecosystem Science. *Ecology*. <https://doi.org/10.2307/1938092>
- Enciso, B. (2018). TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS: In *La biblioteca, bibliosistemática e información*. <https://doi.org/10.2307/j.ctv51307z.7>
- Espejo G., D., Hidalgo M., J., Santamaría G., M., & Fernandez, J. (2014). Insectos asociados entre un cultivo de Curuba y un fragmento de bosque alto andino de la Sabana de Bogotá. *INVENTUM*, 9 (16), 9 - 16. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.9.16.2014.9-16>

- Espinoza, J. (2016). Innovation on solar dehydrator. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 24(Especial Arica), 72 - 80. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052016000500010>
- Etemadi, A., Sinha, R., Ward, M. H., Graubard, B. I., Inoue-Choi, M., Dawsey, S. M., & Abnet, C. C. (2017). Mortality from different causes associated with meat, heme iron, nitrates, and nitrites in the NIH-AARP Diet and Health Study: Population based cohort study. *BMJ (Online)*. <https://doi.org/10.1136/bmj.j1957>
- FAO. (2012). *Ganadería mundial 2011 - La ganadería en la seguridad alimentaria*. <http://www.fao.org/3/i2373s/i2373s00.htm>
- Funes-Aguilar, F., & Monzote, M. (2006). Sistemas agroecológicos y su papel en los países del Tercer Mundo. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 10(3), 5–28. <https://www.redalyc.org/pdf/837/83710302.pdf>
- Funtowicz, S. O., & Ravetz, J. R. (2000). *La ciencia posnormal : ciencia con la gente*. Icaria. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=132497>
- García-Molano, J. (2016). Sistemas integrados de producción agraria sostenible. *Conexión Agropecuaria JDC.*, 6 (1), 6- 10.
- García, L., Mejía, M., Mejía, D., & Valencia, C. (2012). Design and building of solar dryer equipment for tropical fruits. *Avances: Investigación En Ingeniería*, 9 (2), 9 - 19. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/2712>
- García, M., & Zanor, G. (2020). PRODUCCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS ENRIQUECIDOS PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS DE USO AGRÍCOLA. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 7(1), 1170–1174. <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/170>
- García, R. (2003). La sustentabilidad en la agricultura: concepto y evaluación en sistemas agrarios. In *Fundamentos de Agricultura Ecológica: Realidad Actual y Perspectivas* (pp. 27–41). <https://books.google.com.co/books?id=nBvZMsB7HFwC&pg=PA29&dq=Una+agricultura+sustentable+es+aquélla+que,+en+el+largo+plazo,+promueve+la+calidad+del+medio+ambiente+y+los+recursos+base+de+los+cuales+depende+la+agricultura,+provee+las+fibras+y+alimentos+necesarios+para+el+ser+humano,+es+económicamente+viable+y+mejora+la+calidad+de+vida+de+los+agricultores+y+la+sociedad+en+su+conjunto&hl=es&sa=X&ved=2ahUKewi->

fwc-98fHwAhVKQjABHRIDC2wQ6AEwAHoECAMQAg#v=onepage&q=Una agricultura sustentable es aquélla que%2C en el largo plazo%2C promueve la calidad del medio ambiente y los recursos base de los cuales depende la agricultura%3B provee las fibras y alimentos necesarios para el ser humano%3B es económicamente viable y mejora la calidad de vida de los agricultores y la sociedad en su conjunto&f=false

Gliessman, S. (2002). *Agroecología : procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rnqan8BOVNA-C&oi=fnd&pg=PR1&dq=gliessman&ots=AiDcDnuumI&sig=Kt_OuCfPzxb-JrrAs6_CzeDm_E9E#v=onepage&q=gliessman&f=false

Gliessman, S., Rosado-May, F., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V., Cohen, R., Trujillo, L., Bacon, C., & Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Revista Ecosistemas*, 16(1). <https://doi.org/10.7818/RE.2014.16-1.00>

Gómez-Calderón, N., Villagra-Mendoza, K., & Solorzano-Quintana, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria) Soil tillage and its impact on soil conservation (review). *Tecnología En Marcha*, 31 (1), 170- 180. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3506>

Gómez-Puentes, F. J., Reyes-López, J. A., & Amado-Moreno, M. G. (2020). Fraccionamiento de metales pesados en un suelo contaminado del Valle de Mexicali. *Revista Tecnología En Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i4.4586>

Gómez, M. (2006). Los materiales de la policromía: empirismo y conocimiento científico. In *Los retablos: Técnicas, materiales y procedimientos* (pp. 1 - 19).

Gómez, R. (2010). Logística inversa un proceso de impacto ambiental y productividad. *Producción + Limpia*, 5(2), 63–76. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3875599&info=resumen&idioma=ENG>

González Ordaz, G. I., & Vargas-Hernández, J. G. (2017). La economía circular como factor de la responsabilidad social. *Revista de Temas de Coyuntura y Perspectiva*, 2 (3).

Gracia, C. (1999). Rentabilidad del uso del motocultor. *Vida Rural*, 89, 54–56. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2601152>

- Griffin, K. (1982). *Economía política del cambio agrario: un ensayo sobre la revolución verde*. Fondo de Cultura Económica.
- Guzmán-Plazola, P., Guevara-Gutiérrez, R. D., Olgún-López, J. L., & Mancilla-Villa, O. R. (2016). Perspectiva campesina, intoxicaciones por plaguicidas y uso de agroquímicos. *Idesia (Arica)*, 34(3), 69–80. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016000300009>
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., Baptista Lucio, M. del P., Para, P., Expertos, J. D. E., & Pérez Liñan, A. (2008). El método Comparativo: Fundamentos y Desarrollos Recientes. *Metodología de La Investigación*. <https://doi.org/- ISBN 978-92-75-32913-9>
- Holdridge, L. R. (1978). Ecología basadas en zonas de vida. In *Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas IICA*.
- IDEAM - PNUD - MADS - DNP - CANCELLERÍA. (2016). *INVENTARIO NACIONAL DE GASES EFECTO INVERNADERO - IDEAM*. <http://www.cambioclimatico.gov.co/inventario-nacional-de-gases-efecto-invernadero>
- Jiménez, G., Soto, L. S., Luna, P., Kú, J., Ayala, A., Villanueva, G., & Alayon, A. (2015). Ganadería y cambio climático: Avances y retos de la mitigación y la adaptación en la frontera sur de México. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 15(30), 51–70. https://www.researchgate.net/profile/Guillermo_Jimenez-Ferrer/publication/306375264_Ganaderia_y_cambio_climatico_Avances_y_retos_de_la_mitigacion_y_la_adaptacion_en_la_frontera_sur_de_Mexico/links/57bba9f208ae8a9fc4c27e57.pdf
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006). LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA. *Idesia (Arica)*. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Juliao, C. (2011). *El enfoque praxeológico* (Primera Edición). Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO.
- Lanegra, I. (2010). La Regulación de la Incertidumbre: Un Análisis Crítico del Principio Precautorio. *Derecho & Sociedad*, 0 (35).
- Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., & Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota - A review. In *Soil Biology and Biochemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>

- León, T. (2009). AGROECOLOGÍA: DESAFÍOS DE UNA CIENCIA AMBIENTAL EN CONSTRUCCIÓN. In *Agroecología* (Vol. 4). <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/117121>
- López-Ridaura, S., Masera, O., & Astier, M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators*. [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(02\)00043-2](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00043-2)
- Lovatt, C. J., & Mikkelsen, R. L. (2006). Phosphite Fertilizers: What Are They? Can You Use Them? What Can They Do? In *Better Crops* (Vol. 90, Issue 4). www.ppi-ppic.org/phosphite/ref
- Marasas, M., Cap, G., De-Luca, L., Pérez, M., & Pérez, R. (2012). *El camino de la transición agroecológica*. Ediciones INTA. <https://www.aacademica.org>.
- Marinidou, E., Finegan, B., Jimenez-Ferrer, G., Casanoves, F., & Delgado, D. (2011). Estimación de los servicios ecosistémicos con índices funcionales específicos. In *Diversidad funcional Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos* (pp. 75–85). https://www.researchgate.net/publication/283466039_Valoracion_y_analisis_de_la_diversidad_funcional_y_su_relacion_con_los_servicios_ecosistemicos
- Maroto, J. (2014). *Historia de la agronomía*. Ediciones Mundi-Prensa. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=bTsoDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=Historia+de+la+agricultura&ots=TCG3WJQY8i&sig=Ym9biRVHYSOW-g2rQ1r5cCM1t3U#v=onepage&q=Historia de la agricultura&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=bTsoDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=Historia+de+la+agricultura&ots=TCG3WJQY8i&sig=Ym9biRVHYSOW-g2rQ1r5cCM1t3U#v=onepage&q=Historia+de+la+agricultura&f=false)
- Martínez-Ghersa, A., & Ghersa, C. (2005). Consecuencias de los recientes cambios agrícolas. *Ciencia Hoy*, 15(87), 37–45. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4316360>
- Martínez-Orea, Y., Castillo-Argüero, S., & Guadarrama-Chávez, P. (2009). La dispersión de frutos y semillas y la dinámica de comunidades. *Ciencias*.
- Martínez, R. (2008). Agricultura tradicional campesina: características ecológicas - Dialnet. *Tecnología En Marcha*, 21(3), 3–13. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835774>
- Masera, O., Astier, M., & López-Ridaura, S. (2000). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación*

- mesmis* /. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGRIUAN.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=020839>
- Méndez, E., Baco, C. M., & Cohen, R. (2013). La agroecología como un enfoque transdisciplinar, participativo y orientado a la acción | Agroecología. *Agroecología*, 8 (2), 9 - 18. <http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/212061>
- Minga, N. (2017). Agroecología: diálogo de saberes para una antigua y nueva propuesta para el campo. *Antropología Cuadernos de Investigación*, 17, 86. <https://doi.org/10.26807/ant.v0i17.92>
- Mittermeier, R., Goettsch, C., & Robles Gil, P. (1997). Megadiversidad. Los países biológicamente más ricos del Mundo. *CEMEX*.
- Mondini, M., Marozzi, A., & Pintar, E. L. (2015). Human-animal interactions in the salt puna during the middle holocene: The case of Cueva Salamanca 1, Antofagasta de la Sierra, Catamarca. *Arqueología*, 21 (1), 73 - 87. <https://doi.org/10.34096/arqueologia.t21.n1.1610>
- Monje C., J. J., González G., C., & Chiquiza F., Y. A. (2019). *LA AGROECOLOGÍA Y SUS PROGRAMAS ACADÉMICOS* (Vol. 1). Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. www.uniminuto.edu
- Monje, J. (2007). Retos de la agroecología en las regiones colombianas. *Revista Luna Azul; Universidad de Caldas*.
- Monje, J. (2010, March 9). El ecoetnodesarrollo en las comunidades indígenas en Colombia “una descripción histórica para descubrir las verdades y mentiras sobre su autonomía”. *Revista INVENTUM*, 38 - 43. <http://biblioteca.uniminuto.edu/ojs/index.php/Inventum/article/view/31/30>
- Monje, J. (2011). La Agroecología: un marco de referencia para entender sus procesos en la investigación y la praxis. *Revista Luna Azul*, 32, 128 - 134. <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n32/n32a11.pdf>
- Monje, J. (2014). *Los planes de vida de los pueblos indígenas en Colombia. Una propuesta para su construcción desde la Agroecología* (1a ed.). Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. <https://repository.uniminuto.edu/jspui/handle/10656/7739>

- Monje, J., Hernández, Á., & Chacón, H. (2015). *El aplicativo FINCAS, una metodología para el diagnóstico aproximado de sustentabilidad de predios rurales*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/58471>
- Monje, J., Ortega, M., & Vega, D. (2018). El modelo de índice GDA como una herramienta para medir el grado de dependencia alimentaria. *INVENTUM*, 12(23), 46–55. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.12.23.2017.46-55>
- Monje, J., & Rojas, F. (2015). Manual para la evaluación del equilibrio ambiental por medio de criterios de criterios agroecológicos Módulo de estudio. In *reponame: Colecciones Digitales Uniminuto*. Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Morin, E. (1993). *El método 1: La naturaleza de la naturaleza*. Cátedra. <https://ciroespinoza.files.wordpress.com/2011/11/el-metodo-1-la-naturaleza-de-la-naturaleza.pdf>
- Morin, E. (2006). *El Método 3- El conocimiento del conocimiento: Vol. 5a edición*. Ediciones Cátedra Teorema. <https://pensamientocomplejo.org/mdocs-posts/morin-edgar-el-metodo-3-el-conocimiento-del-conocimiento/>
- Murgueitio, E. (2003). Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia. In *Livestock Research for Rural Development*.
- Navarro Bravo, A., Figueroa Sandoval, B., Sangerman Jarquín, D., & Osuna Ceja, E. (2012). Propiedades físicas y químicas del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3 (4).
- Neiman, G., & Quaranta, G. (2006). Los estudios de caso en la investigación sociológica. *Estrategias de Investigación*, 1, 213–238. <http://tsmetodologiainvestigaciondos.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/175/2014/03/U3A-NEIMAN-Y-QUARANTA-Los-estudios-de-caso-en-la-investigacion-sociologica.pdf>
- Nicola, D., Campos, M. ;, & Pascuale, V. ; (2015). Las pre-ocupaciones del Ingeniero Agrónomo. *AGROMENSAJES*, 43, 11- 16.
- Norgaard, R. B. (2006). *Development Betrayed: The End of Progress and a Co-Evolutionary Revisioning of the Future*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203012406>

- OCDE/FAO. (2017). "Carne." In *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2017-2026*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/agr-data-en>
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2005). *Fundamentals of Ecology* (5a ed.). Thomson / Brooks / Cole.
- Orozco Aceves, M. (2019). Consideraciones técnicas para la preparación de abonos foliares de fabricación casera. *Pensamiento Actual*, 19 (33), 106 - 120. <https://doi.org/10.15517/pa.v19i33.39636>
- Ortega-Cerdà, M., & Rivera-Ferre, M. G. (2010). Indicadores internacionales de Soberanía Alimentaria. Nuevas herramientas para una nueva agricultura. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 14, 53 - 77. <https://ddd.uab.cat/record/60002>
- Ortíz, I., Avila-Chávez, M. A., & Torres, L. G. (2013). Plaguicidas en México: usos, riesgos y marco regulatorio. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*. <https://doi.org/10.7603/s40682-013-0003-1>
- Pacheco A., J., Cabrera S., A., & Pérez C., R. (2004). Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el Estado de Yucatán, México. *Ingeniería*, 8 (2), 165 - 179.
- Paliouff, C., & Gornitzky, C. (2012). *Tecnologías apropiadas, memoria e investigación*. <https://www.academica.org/cora.gornitzky/21>
- Patiño, V. (1969). *Plantas cultivadas y animales domésticos en América equinoccial. Tomo IV: plantas introducidas*. Imprenta Departamental. <http://babel.banrepcultural.org/cdm/ref/collection/p17054coll10/id/3197>
- Pérez-Liñán, A. (2010). El método comparativo y el análisis de configuraciones causales. *Revista Latinoamericana de Política Comparada*.
- Pérez, A., Milla, M., Mesa, M., Adriana Pérez, M. C., & Agregado, I. (2006). IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN EN LA AGRICULTURA. In *Cultivos Tropicales* (Vol. 27, Issue 1).
- Pérez, R. (2008). El lado oscuro de la ganadería. Problemas del Desarrollo. *Revista Latinoamericana de Economía*.
- Pinos-Rodríguez, J. M., García-López, J. C., Peña-Avelino, L. Y., Rendón-Huerta, J. A., González-González, C., & Tristán-Patiño, F. (2012). Environmental

regulations and impact of manure generated by livestock operations in some american countries. *Agrociencia*.

Piovani, J. I., & Krawczyk, N. (2017). Los Estudios Comparativos: algunas notas históricas, epistemológicas y metodológicas. *Educação & Realidade*. <https://doi.org/10.1590/2175-623667609>

Pool, L., León, N. S., & Garza, V. (1998). Harina de hueso adicionada a suelos de la zona cafetalera de los altos de Chiapas, México. *Tierra Latinoamericana*, 16 (1), 71 - 77.

Purroy, R., Gallardo, F., Díaz, P., Ortega, E., López, S., & Torres, G. (2016). Flujo energético-económico como herramienta para tipificar agroecosistemas en el centro del estado de Veracruz, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3 (7), 91 - 101. <https://doi.org/10.19136/era.a3n7.730>

Quintero, C., & Monje, J. (2018). The biocultural memory of the Sáliba ethnic group, el suspiro reservation, municipality of Orocué, Casanare. *Revista Luna Azul*, 47. <https://doi.org/10.17151/luaz.2019.47.5>

RAE. (2014). Real Academia de la Lengua Española. 2014, 0.

Ramos, C. A. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances En Psicología*. <https://doi.org/10.33539/avpsicol.2015.v23n1.167>

Rivera-Núñez, T. (2020). Agroecología histórica Maya en las tierras bajas de México. *Ethnoscientia*, 5 (1), 2 - 26. <https://doi.org/10.22276/ethnoscientia.v5i1.299>

Rodríguez, V., & Simón, E. (2009). Bases de la alimentación humana. *Actividad Dietética*, 13(2). [https://doi.org/10.1016/s1138-0322\(09\)71741-9](https://doi.org/10.1016/s1138-0322(09)71741-9)

Sanchez, C. (1980). *Historia de la Agricultura*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - OEA. https://books.google.com.co/books?id=HucNAQAAIAAJ&printsec=frontcover&dq=la+historia+de+la+agricultura&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiGjJr_y-bhAhWowVkkKHdpZCP8Q6AEILzAB#v=onepage&q&f=false

Sans, F. (2007). La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*.

- Sarandón, S. (2002). *AGROECOLOGIA: El camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas. <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/agroecologiaelcamino.pdf>
- Sarandón, S., & Flores, C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica | Agroecología. *Agroecología*, 4, 19–28. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/117131>
- Sarandón, S., & Flores, C. C. (2014). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (Issue 3). Editorial Universidad Nacional de La Plata. <https://doi.org/10.35537/10915/37280>
- Semanart. (2020). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap2.html>
- Serrano, J. A. S. (2005). El problema de los cultivos transgénicos en América Latina: una “nueva” revolución verde. *Entorno Geográfico*, 3. <https://doi.org/10.25100/EG.V0I3.7592>
- Sevilla, E. (2006). *De la sociología rural a la agroecología*. Icaria Editorial.
- Sevilla, E. (2011). *Sobre los orígenes de la agroecología en el pensamiento marxista y libertario* (1a Edición). Plural editores. http://biblioteca.clacso.edu.ar/Bolivia/agruco/20170928051030/pdf_551.pdf
- Sevilla, E., & González de Molina, M. (1993). Ecología, campesinado e historia. In *Ecología, campesinado e historia*. La Piqueta. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2165617>
- Sevilla, E., & Soler, M. (2010). Agroecología y soberanía alimentaria: alternativas a la globalización agroalimentaria. In R. Fernández-Baca (Ed.), *Patrimonio cultural en la nueva ruralidad andaluza* (Vol. 26, p. 316). Consejería de Cultura. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=528430&info=resumen&idioma=SPA>
- Sevilla, E., & Woodgate, G. (2013). Agroecología: Fundamentos del pensamiento social agrario y teoría sociológica. *Agroecología*.
- SIAP - México. (2020). *Población ganadera*. <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762>

- Silva, D. (2019). Tres lógicas de acción y reacción para la monopolización de los mercados de semillas en Colombia. *Revista Colombiana de Antropología*, 55(2). <https://doi.org/10.22380/2539472x.795>
- Sloninsky, T. (1985). *Relaciones entre humanos, animales y plantas: consideraciones ecológicas* (Vol. 1). Editorial Plus Ultra.
- Soler, D., & Fonseca, J. (2011). Producción sostenible de pollo de engorde y gallina ponedora campesina: revisión bibliográfica y propuesta de un modelo para pequeños productores - Dialnet. *RIAA (Revista de Investigación Agraria y Ambiental)*, 2 (1), 29 - 43. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3901984>
- Soriano, A. (1997). Estructura y funcionamiento de los agroecosistemas. *Ciencia e Investigación*, 50 (3 - 4), 63 - 73.
- Strauss, A., & Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. (p. 341).
- Toledo, V. (2003). *Ecología, espiritualidad y conocimiento - de la sociedad del riesgo a la sociedad sustentable* (Programa d).
- Toledo, V. (2011). La agroecología en Latinoamérica: Tres revoluciones, una misma transformación | Agroecología. *Agroecología*, 6, 37 - 46. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/160651>
- Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria.
- Torres-Lima, P., Cruz, J., & Acosta, R. (2011). Vulnerabilidad agroambiental frente al cambio climático. Agendas de adaptación y sistemas institucionales. *Política y Cultura*, 36, 205–232. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26721226009>
- Treves, A., & Bonacic, C. (2016). Humanity's Dual Response to Dogs and Wolves. In *Trends in Ecology and Evolution*. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.04.006>
- Trochez, J. (2016). *Diseño e implementación de un sistema integrado de producción, cuyo componente principal es mora de castilla (Rubus gracus benth) en el municipio de La Sierra Cauca*. Universidad del Cauca.
- Valadez, R. (1999). Los animales domesticos. *Arqueología Mexicana*.

- Valadez, R. (2003). *La domesticación animal*. Instituto de Investigaciones Antropológicas - Universidad Autónoma de México. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Ew8rJkyl9JwC&oi=fnd&pg=PA11&dq=La+domesticación+animal&ots=73BfUoOdfO&sig=K-R0cV8ma0EvHH_KejY5f0X2puY#v=onepage&q=La+domesticación+animal&f=false
- Vázquez-Barquero, A. (2000). Desarrollo endógeno y globalización. *EURE (Santiago)*, 26(79). <https://doi.org/10.4067/s0250-71612000007900003>
- Vega, D., & Monje, J. (2018). *Coloquio: herramienta GDA (Globo Dependencia Alimentaria), modelo innovador para la medición cuantitativa del grado de dependencia alimentaria*. Centro Editorial UNIMINUTO. <https://hdl.handle.net/10656/7367>
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (9a edición). PEARSON. <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-privada-franz-tamayo/estadistica/walpole-r-myers-r-y-myers-s-2012-probabilidad-y-estadistica-para-ingenieria-y-ciencias-mexico-editorial-pearson/15464082>
- Zeder, M. A., & Hesse, B. (2000). The initial domestication of goats (*Capra hircus*) in the Zagros mountains 10,000 years ago. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.287.5461.2254>



En su composición de utilizaron tipos:
Calibri y Zurich BT

Primera edición: 2023
Bogotá D.C., 2023 - Colombia

En la presente obra se realiza un análisis multisistémico a partir de la teoría general de sistemas donde el objetivo principal es acercarse al concepto de los SIPAS y sus modelos conceptuales, mediante la evaluación y sistematización de experiencias productivas. Tal aproximación se disipa desde una perspectiva teórica y filosófica de las SIPAS desde la agroecología y la agricultura sustentable, enmarcando así la importancia de las dimensión ecológica - productiva, es por ello que se recopilan elementos técnicos derivados del desarrollo del proyecto *La diversificación productiva de los sistemas agroecológicos bajo el concepto de sistemas integrados de producción agroecológicos sustentables - SIPAS: estudio de caso en San Luis Potosí y Boyacá - Cundinamarca (Colombia)*, lo cual permite el planteamiento de un modelo de medición sistémico para la clasificación de los SIPAS propuestos y a su vez las consideraciones de optimización.



Bogotá D.C. Calle 81B No. 72B - 70
Teléfono +(57)1 - 291 6520
www.uniminuto.edu