

Avances y desafíos en la promoción y gestión público-institucional de los residuos agropecuarios en Costa Rica

Progress and challenges in the promotion and public-institutional management of agricultural waste in Costa Rica

Kerlyn Suárez Espinoza¹

 <https://orcid.org/0000-0001-9862-7909>

Fecha de recibido: 19 de enero 2022 Fecha de corrección: 5 de abril 2022

Fecha de aceptación: 26 de abril 2022

Resumen

El sector agropecuario costarricense, como toda actividad económica y humana, genera presión sobre los ecosistemas; cerca del 50% de las fincas agrícolas no dispone de ningún tipo de tratamiento, lo que implica que el sector sea uno de los principales generadores de emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Esta investigación tiene como objetivo analizar los avances y desafíos de la promoción y gestión público-institucional de los residuos agropecuarios en Costa Rica. El enfoque utilizado es cualitativo, y busca describir el problema en el territorio costarricense y hacer una revisión de literatura y enfoques teóricos. Dentro de los resultados se encuentra que el sector ha visto reducida la rentabilidad, al basarse mayoritariamente en un modelo de producción lineal. Si bien existen esfuerzos en algunos productos y desde la institucionalidad, estos siguen siendo puntuales y en ocasiones sin considerar la realidad del sector. La investigación permite concluir que la economía circular tiene un papel fundamental en la modificación de los procesos agropecuarios mediante la incorporación de residuos en el sistema productivo, lo que presenta oportunidades más propicias para reducir los residuos y, además, generar valor agregado en industrias relacionadas, como la alimentaria y la médica, agrofertilizantes y generación de envases biodegradables. Finalmente, es necesario que las políticas tengan una clara línea de acción para los actores que las incorporen, así como políticas integrales que permitan la divulgación de información e incorporación de actores locales y no gubernamentales como estrategia para impulsar una gestión más eficiente de residuos agropecuarios.

Palabras clave: aprovechamiento de recursos, cambio organizacional, desarrollo sostenible, gestión ambiental, tratamiento de residuos.

Abstract

The Costa Rican agricultural sector, like all economic and human activities, puts pressure on ecosystems; in agriculture about 50% of farms do not use any type of treatment, and the sector is positioned among those that

¹ Se desempeña como investigadora en el Programa Sectores Productivos, Competitividad y Desarrollo, Escuela de Economía, Universidad Nacional, Costa Rica. Es Licenciada en Economía por la Escuela de Economía de la UNA y egresada del Programa de Maestría en Política Económica del Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE) de la Universidad Nacional. Kerlyn.suarez.espinoza@est.una.ac.cr

generate more CO₂ emissions. The aim of this research is analyzing the progress and challenges of promotion and public-institutional management of agricultural waste in Costa Rica. The approach used is qualitative and seeks to describe the problem in the Costa Rican territory and to make a review of the literature and theoretical approaches. As main results, the agricultural sector has reduced profitability in the last years, in addition is mostly based on a linear production model, which is concentrated in rural regions. While there are efforts in some products and from the institutionalism, these remain punctual and sometimes without considering the reality of the sector. The research leads to the conclusion that the circular economy plays a fundamental role in the modification of agricultural processes through the incorporation of residues in the production system, within the most suitable opportunities to reduce waste and, in addition, generate added value is found in the food and medical industry, agrofertilizers, and the generation of biodegradable packaging. Finally, it is necessary that policies along this line have a clear line of action of the actors that incorporate them, as well as comprehensive policies that allow the dissemination of information and the incorporation of local and non-governmental actors, as a strategy to promote more efficient management of agricultural waste.

Keywords: resource use, organizational change, sustainable development, environmental management, waste treatment.

Introducción

En los últimos años, Costa Rica ha puesto en marcha algunas medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (en adelante 'GEI') e integrar los residuos en los procesos productivos. El país cuenta con políticas y planes que contribuyen con este objetivo; entre ellos el Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050 y la Estrategia Nacional de Bioeconomía 2020-2030. Bajo esta línea se han identificado los sectores que más generan emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq). En orden de mayor a menor nivel de generación, se encuentran: el sector de la energía, la agricultura, los residuos y, en cuarto lugar, los procesos industriales y el uso de otros productos (Ministerio de Ambiente y Energía-Minae e Instituto Meteorológico Nacional-IMN, 2021).

Es relevante indicar que toda actividad económica y humana, por ley de la entropía², genera impactos y presión sobre los ecosistemas (Georgescu-Roegen, 1971 citado en Posada, 1999). Particularmente, en las actividades agropecuarias se generan emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y estas se logran filtrar a través de los procesos de fotosíntesis, respiración, entre otros, que brindan los ecosistemas (Minae y IMN, 2015). En relación con este tema, preocupa en mayor medida el flujo de materia y energía que produce este sector.

En Costa Rica, según el Minae y IMN (2021), el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Absorción de Carbono indica que, en el 2017, la agricultura es responsable de 65.95 Gg de CO₂, 101.04 Gg de metano (CH₄) y 2500 Gg de óxido nitroso (N₂O).

El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2014) también indica que el 47,8 % de las fincas agrícolas aún no realizan ningún tipo de tratamiento para los residuos sólidos producidos

2 Esta ley establece que las actividades económicas transforman materiales de baja entropía en materiales de alta entropía, es decir, los procesos de producción y consumo convierten los recursos en residuos.

por las actividades agropecuarias. A nivel provincial, las fincas ubicadas en Puntarenas, Limón y Guanacaste poseen mayores niveles de no tratamiento, ya que respectivamente alcanzan el 56.3%, el 61.5% y el 65.9% de fincas que no implementan ninguna medida³.

Esta situación genera presión sobre los ecosistemas, ya que al no ser tratados se disponen en el ecosistema sin considerar su capacidad de asimilación. Además, aspectos culturales y la falta de procesos de tratamiento en las fincas podrían dificultar las condiciones para encaminar el desarrollo de las actividades económicas y humanas hacia la descarbonización y cumplimiento de objetivos del sector.

En el año 2013, Carolina Mauri, en su papel de consultora, elaboró la *Propuesta de marco político y plan de acción para promover el uso de residuos agrícolas orgánicos como fuente de energía en Costa Rica*, en la cual se analiza el marco legal para insertar la generación de energía y la gestión de residuos. Dentro de esta propuesta se concluye principalmente que se pueden utilizar elementos de varias políticas que permitan integrar una política para el impulso de residuos agrícolas orgánicos como fuente de energía renovable y que es necesario un reglamento adicional a la Ley de Gestión de Residuos Sólidos 8839 del 2010, ya que en esta no se contempla específicamente el sector agropecuario (Mauri, 2013). Es relevante indicar que dicha propuesta se centra en un diagnóstico de la problemática legal que existe para integrar el sector agrícola y la generación de energía.

Además, esta propuesta es elaborada en una consultoría e identifica desafíos a nivel legal como “la falta de un marco político y regulatorio que promuevan un mayor aprovechamiento de estos residuos, reducción de la contaminación y de emisiones, tarifas competitivas e incentivos que estimulen la inversión en desarrollo y apropiación de tecnologías. En el país no se cuenta con instrumentos de ordenamiento territorial que articulen las actividades agropecuarias con la gestión adecuada de RAO⁴” (Mauri, 2013, p. 37).

Adicionalmente, en el Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021, elaborado por el Ministerio de Salud (MS), se incorpora el sector agropecuario mediante el principio de responsabilidad compartida, en el cual “la gestión integral de los residuos es una corresponsabilidad social, requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de todos los productores, importadores, distribuidores, consumidores, gestores de residuos, tanto públicos como privados” (2016, p. 20); además, este principio se operacionaliza a través de programas de manejo integral de residuos.

También, en el 2018 se firmó un acuerdo entre el Minae y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) cuyo propósito es la reducción de emisiones en el sector agropecuario, y en el cual se establece el compromiso de impulsar la descarbonización en el sector a través de la disminución gradual de los niveles de CO₂, de acuerdo con un enfoque integral, para contribuir a las metas nacionales del Acuerdo de París, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, entre otros (MAG & Minae, 2018).

3 Es relevante indicar que, para un análisis de más profundidad sobre los motivos de no realización de prácticas de gestión de los residuos, se requiere información cualitativa que en este momento no es recopilada por el INEC. La futura incorporación de esto permitiría conocer elementos sobre la complejidad del sector.

4 Residuos agrícolas orgánicos.

En el caso específico de la producción ganadera, en el periodo 2013-2018 se contó con un plan denominado *Costa Rica, en ruta hacia la descarbonización de la ganadería*, a cargo del Programa Nacional de Ganadería. Este documento evidencia el papel de la ganadería en torno a las políticas públicas medioambientales y la necesidad de modificar procesos para cumplir con los objetivos establecidos (Programa Nacional de Ganadería, s.f.).

De igual forma, existen otras políticas acordes al compromiso de Costa Rica para la adaptación y mitigación del cambio climático, como el Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública del Bicentenario (PNDIP) 2019-2022, el Plan Nacional de Compostaje 2020-2050, el Plan de Descarbonización 2018-2050, el Programa País, las políticas de adaptación y mitigación del cambio climático y la Estrategia Nacional de Bioeconomía 2020-2030 (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones-MICITT, 2020).

Bajo este contexto, en el presente artículo se establece como objetivo general analizar los avances y desafíos de promoción y la gestión público-institucional de la gestión de los residuos agropecuarios en Costa Rica. A nivel específico, se propone contextualizar los diferentes usos o aplicaciones que actualmente reciben los residuos agropecuarios en Costa Rica, estableciendo una vinculación teórica entre la gestión de residuos agropecuarios y el desarrollo sostenible, para así determinar recomendaciones de política económica a la luz de la vinculación entre las aplicaciones actuales y potenciales de los residuos agropecuarios y el desarrollo sostenible bajo una concepción de economía circular.

La estructura del artículo es siguiente: después de esta introducción se presenta la metodología y un apartado teórico. Se aborda la vinculación de conceptos como *producción sostenible*, *economía circular*, entre otros. También se contextualiza la forma en la que se gestionan los residuos agropecuarios en Costa Rica para, en seguida, relacionar la problemática con instrumentos de política pública relacionados con la materia. Para finalizar, se realiza un apartado de conclusiones y recomendaciones.

Método

El artículo se basa en una metodología cualitativa y descriptiva, en la que se busca conocer el estado de la gestión de residuos agropecuarios en el territorio costarricense mediante la revisión de la literatura pertinente. Se hizo una revisión de fuentes secundarias de información en las principales organizaciones relacionadas al tema, tales como el Ministerio de Planificación Nacional y Política Nacional (Mideplan), el MAG, el Ministerio de Salud (MS), entre otras. Asimismo, se hizo uso de información estadística recopilada por estas instituciones y por el INEC.

En la primera etapa, se exploró la información indicada para conocer la situación actual del sector agropecuario relacionada con los diferentes usos o aplicaciones que actualmente se dan a los residuos agropecuarios en Costa Rica. De igual forma, se procedió con la recopilación y sistematización de información secundaria teórica en el campo disciplinar de la economía ecológica, en específico las perspectivas del desarrollo sostenible y la economía circular.

Por último, se analizaron los instrumentos de política vigentes para determinar, en conjunto con lo abordado en las partes anteriores, recomendaciones de política pública.

Abordaje teórico-conceptual

El abordaje en este artículo parte de la visión de desarrollo sostenible, al cual Dourojeanni (1999) define como “un equilibrio entre factores que explican cierto nivel de desarrollo del ser humano”. De igual forma, el autor menciona que el desarrollo del ser humano está asociado implícitamente con la sustentabilidad en el tiempo.

Estos elementos se muestran en el análisis a través de perspectivas como la economía ecológica, que ofrecen conceptos, enfoques e instrumental para analizar dichas problemáticas. Algunos autores, como Dourojeanni (1999), brindan conceptos como *dinámicas de desarrollo y territorio*. Por su parte, Constanza (1991) ofrece características como la visión sistémica, dinámica y evolutiva, escalas múltiples y transdisciplinariedad, a la economía ecológica. De igual forma, el autor considera que los abordajes de economía ecológica deben trascender desde lo local a lo global, analizar todo el ecosistema incluyendo el ser humano y con sentido intergeneracional.

Simultáneamente se incorpora la visión de Martínez Alier (1998), que desarrolla conceptos como *flujo de materia y energía*, *sistema abierto*, o *eficiencia energética*, que acorde al tema de estudio se pueden analizar de manera apropiada, ya que tiene características sociales complejas en las que no solo influyen aspectos económicos.

Esta visión de sistema abierto es complementada con oportunidades de economía circular, que Cerdá & Khalilova (2016) definen como “un ciclo de desarrollo continuo positivo que preserva y aumenta el capital natural, optimiza los rendimientos de los recursos y minimiza los riesgos del sistema, gestionando *stocks* finitos y flujos renovables. Funciona de manera efectiva a cualquier escala”.

Resultados

En los últimos años, la actividad agropecuaria se ha vuelto cada vez menos rentable. En el 2010 el ingreso por ventas de los trabajadores independientes informales en el sector agropecuario fue de 513 976, mientras que en el 2020 el ingreso se redujo a 454 526 colones (INEC, 2020). Si bien no se conocen las razones por la disminución del ingreso de estos trabajadores, en el 2015 el presidente de la Cámara Nacional de Agricultura y Agroindustria de Costa Rica (CNAA), Juan Rafael Lizano, mencionó que la rentabilidad del sector se ha visto afectada por “actores climáticos, políticos y de competitividad”, y que esto ha generado una contracción en el sector que podría agravarse en el tiempo. Además, existen elementos coyunturales por la pandemia de covid-19 que podrían profundizar esta situación.

Algunas directrices gubernamentales han sido que la actividad agropecuaria se realice con condiciones ambientales más favorables. Esto podría mejorar la condición mediante objetivos

vinculados, logrando efectuar un plan o método en el que se mejore la rentabilidad sin generar presión sobre los ecosistemas. Sin embargo, esto puede significar necesidades de financiamiento e inversión para lograr que los procesos puedan ser más sostenibles, y el sector tiene dificultades para acceder a créditos precisamente por la gran cantidad de requerimientos (CNAA en *Summa*, 2019).

De igual forma es importante mencionar que la situación del sector tiene una complejidad intrínseca, ya que no es uniforme ni genérico; influyen distintos tipos de agricultura y productores, lo cual se posiciona como un desafío para aplicar conceptos, así como la materialización de políticas públicas homogenizadas. Según Samper, Masís, Miranda, Díaz, Ramírez, González, Solórzano, Guillén, Ramírez y Arze “el medio rural exhibe una gran heterogeneidad que condiciona la transición requerida para enfrentar entornos cambiantes” (2005, p. 31).

Dado que la realidad ambiental requiere de una adecuada gestión de residuos – elemento del cual el sector agropecuario no se escapa–, se posiciona como una oportunidad para la reducción de emisiones y derivados que podrían revalorizarse o utilizarse en otras etapas de la producción, permitiendo incrementar los ingresos económicos y, por lo tanto, al mejorar las condiciones socioeconómicas y ambientales, de ser sostenidas en el tiempo, se mejoraría la calidad de vida y el desarrollo humano.

Además, existe una relación con las escalas de desarrollo sostenible, ya que el sector agropecuario debe estar en la capacidad de reconocer el grado de utilización de los recursos naturales no renovables de manera que se generen las ganancias máximas sin degradarlos; aunado a su dependencia y a los impactos que pueden generar en la actividad. Por lo tanto, es imprescindible la visión de desarrollo y la priorización que existe entre los objetivos sociales, económicos y ambientales. Normalmente, la dinámica social se basa en la búsqueda de ganancias máximas sin importar las condiciones ambientales, debido a que la planificación de las actividades productivas se encuentra, en la mayoría de los casos, en la búsqueda del mayor ingreso monetario, dadas las condiciones del sector indicadas anteriormente.

Los instrumentos de política mencionados en la parte introductoria han tratado de acercar al sector a estas dinámicas. Por ejemplo, el PNDIP 2019-2022 plantea incrementar la cantidad de residuos sólidos gestionados integralmente, y define la asignación recursos financieros⁵ para el eje de residuos y reducción de emisiones (Mideplan, 2018).

Por su parte, el Plan Nacional de Compostaje 2020-2050 establece un vínculo con el sector agropecuario para la inclusión de buenas prácticas, la ejecución de programas educativos, capacitación y sensibilización. Se definió la estimación de la cantidad de residuos y emisiones de GEI mediante indicadores cantonales; así como el involucramiento del compostaje como insumo agrícola mediante las ferias del agricultor, escuelas y comunidades (Equipo Técnico de Compostaje, 2020).

De igual manera, el Plan de Descarbonización 2018-2050 aboga por un sistema de gestión integrada de residuos basado en la separación, reutilización, revalorización y disposición final de

5 No obstante, se desconoce quiénes son los beneficiarios potenciales de esos recursos y bajo qué mecanismos se consigue trasladar ese recurso al “productor”/beneficiario final.

máxima eficiencia y bajas emisiones de GEI; así como la generación de bioenergía a partir de biomasa o residuos, y el diseño de una estrategia NAMA Residuos. Por otra parte, hace referencia particular al impulso de la economía circular en los residuos orgánicos, en particular de los agropecuarios. En este plan se hace referencia al papel de las municipalidades y las estrategias de comunicación en el apoyo en estas propuestas (Gobierno del Bicentenario de Costa Rica, 2018).

La Estrategia Nacional de Bioeconomía 2020-2030 incorpora los residuos en el eje de biorrefinería de masa residual y la economía circular. Además, los vincula con el Plan Nacional de Energía, de manera que se realice un aprovechamiento de los residuos agrícolas para convertirlos en energía (MICITT, 2020). De igual manera, es importante indicar que la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2018-2030 no define ninguna acción para el abordaje de los residuos.

Según esta perspectiva, la vinculación con el desarrollo sostenible del sector puede darse mediante herramientas que les permitan ver oportunidades de negocio en la incorporación del ambiente, como lo es el uso de residuos para la generación de insumos, certificaciones o modelos de negocio sostenible que representen un uso por parte de consumidores que demandan este tipo de productos.

Estos instrumentos institucionales requieren de una articulación a gran escala de las organizaciones, así como educación a la población, y apoyo de las universidades u otros centros académicos que realicen estudios de campo sobre la tecnología existente, la capacidad de producción, los riesgos, entre otros. La divulgación del conocimiento adquirido y apoyo por parte de las empresas que ya tienen alguna experiencia en la generación de bioenergía o procesos de economía circular o gestión de los residuos es esencial para que las personas del sector que quieren incursionar en el negocio cuenten con información certera. De igual forma, es necesario establecer un mayor apoyo por parte del Gobierno para generar incentivos y escalar estos esfuerzos.

Lo anterior con el fin de aportar a la construcción de sectores económicos más equilibrados en los que se procure una armonía entre los objetivos sociales, económicos y ambientales; de manera que la producción agrícola y ganadera establezcan los límites necesarios en la dimensión ambiental para que no se degrade el ecosistema y se mantengan las condiciones de adaptación.

Por otra parte, se conoce que la producción agropecuaria genera intercambios entre los territorios, ya que dichas actividades económicas se concentran en la zona rural. Según la Encuesta Continua de Empleo, en el cuarto trimestre del 2020 el 72% de la población ocupada en las actividades de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca se encuentra en la zona rural (INEC, 2020). Esta distribución implica que existan movimientos de productos de la zona rural a la urbana; lo que afecta el accionar institucional en respuesta o ejecución de política para atender el sector, ya que esto acrecienta la complejidad. La dificultad puede estar asociada a la poca articulación que existe en el aparato institucional para atender estos fenómenos y para definir prioridades en los objetivos.

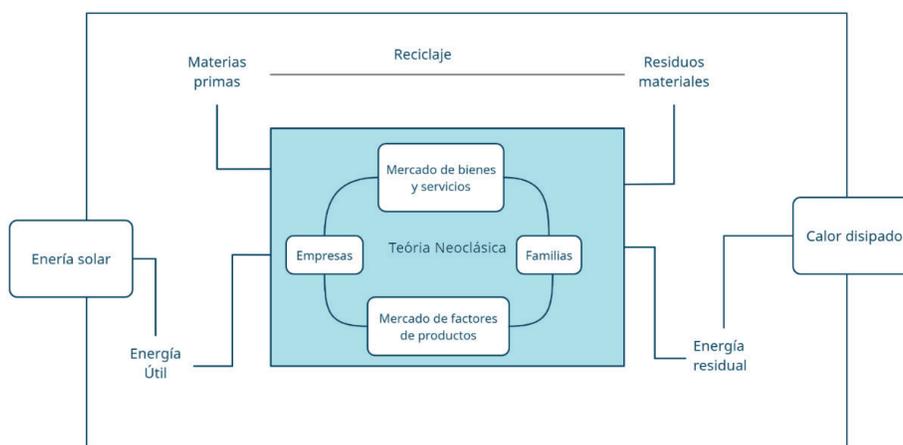
Como se mencionó en el apartado teórico, la economía es sistémica y trasciende desde lo local a lo global, analiza todo el ecosistema incluyendo el ser humano. Esto permite que el análisis de la gestión de residuos pueda realizarse desde esta perspectiva, ya que son procesos dinámicos en los que la actividad antropogénica juega un papel fundamental en la gestión de residuos y cómo esto genera

presión en la función de los ecosistemas como sumidero y la sustentabilidad del sistema ecológico y económico. Además, la gestión de residuos es un elemento que trasciende de lo local a lo global, en tanto tiene vinculaciones entre los territorios dentro del nivel nacional, así como internacional. Debe considerarse que el ser humano es un agente clave en la gestión de los residuos agropecuarios, de manera que pueden influir aspectos culturales, sociales y económicos.

El papel de los residuos en el sistema se puede analizar desde lo propuesto por Martínez-Alier (1998). El autor critica la visión de sistema cerrado que propone la economía neoclásica en la que el flujo ocurre entre las empresas y las familias en los mercados de factores de productos y en los mercados de bienes y servicios. Ante esto, Martínez-Alier indica que “más bien debemos entender la economía humana como un sistema abierto a la entrada de energía (y de materiales) y abierto también a la salida de residuos”.

El sistema abierto se caracteriza por sus flujos de materia y energía. En el flujo de energía existe ingreso de energía solar, de la cual hay una cantidad útil; esta última ingresa al sistema “neoclásico” donde se lleva a cabo todo el intercambio productivo, económico, humano y el proceso de *transumo*; y por ley de entropía y leyes de la termodinámica se generan salidas del sistema como el calor disipado, que es parte de la energía residual. También hay un flujo de materia del cual se puede mencionar el ingreso de materias primas a este sistema neoclásico y se generan residuos materiales; puede ocurrir que parte de estos residuos sea incluida de nuevo en el proceso productivo por medio del reciclaje, el cual rescata parte de estos residuos materiales y los utiliza como materia prima. En la figura 1 se puede observar el sistema cerrado o neoclásico como el recuadro celeste y el sistema abierto como el diagrama completo.

Figura 1.
Sistema de relaciones en la economía ecológica.



Fuente: Elaboración propia con base en Martínez-Alier (1998).

Esta concepción de sistema abierto es relevante para analizar este caso, ya que producto de la actividad humana y económica alrededor de los procesos agropecuarios se generan residuos, los cuales pueden ser tanto de materia residual como de calor disipado; algunos ejemplos son partes o la totalidad de plantas o productos cosechados, plásticos, excretas de animales, subproductos de origen animal, entre otros. Ante esto, es posible que parte de esa materia residual pueda ser utilizada como materia prima en este u otro proceso productivo.

Son destacables los avances que se han tenido en la descarbonización del sector, mediante los acuerdos entre la Corporación de Fomento Ganadero (Corfoga) y el Instituto del Café (Icafé) para reducir emisiones en los sectores cafetalero y ganadero, así como las 1652 fincas ganaderas aplicando modelos NAMA. También se evidencian avances de acompañamiento técnico y campañas de educación sobre el uso de residuos agrícolas orgánicos a través del Centro de Investigación en Biotecnología (CIB) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA); así como la implementación de planes piloto donde estos residuos se utilizaron dentro del sector industrial y alimentario (Gobierno del Bicentenario, 2021).

Existen avances en el PNDIP 2019-2022, como es el incremento de la cantidad de residuos sólidos que se gestionan integralmente, el número de sistemas de producción con actividad agropecuaria bajo el modelo de producción orgánica sostenible, y las fincas ganaderas aplicando modelo NAMA (Mideplan, 2022).

Es relevante comprender la necesidad de mirar las actividades productivas como un sistema abierto y comprender sus vinculaciones. También se debe reconocer que existe una serie de aspectos que dificultan la puesta en práctica de acciones sostenibles. En el caso de las actividades agropecuarias, como se indicó anteriormente, es un fenómeno social complejo en el que la racionalidad económica debe estar en sintonía con los aspectos culturales y sociales presentes en los territorios. Además, vale la pena recordar que existen restricciones como el acceso al crédito, poca formalidad en el sector y escasa o nula asociatividad. Estos y otros elementos figuran como limitantes a la hora de realizar cambios hacia la sostenibilidad; pero tal realidad compleja, en muchas ocasiones, ha sido omitida en las políticas públicas.

En esta línea, la actividad agropecuaria debe priorizar una visión de economía ecológica y de producción sostenible, en la que se asegure una adecuada gestión del ecosistema, de manera que el proceso productivo genere la mínima degradación ambiental posible, considerando el rol fundamental del ser humano y la complejidad de la realidad existente. Particularmente, que no se generen procesos de erosión del suelo ni contaminación en la superficie por elementos químicos, y que la escala de producción sea controlada, entre otros⁶.

⁶ Esto tiene clara relación con el proyecto de ley N° 22.279 sobre la homologación de los registros sanitarios de agroquímicos de los países de la OCDE con el fin de mejorar la cooperación entre los países miembros, el movimiento de capitales y el incremento de inversiones cumpliendo estándares sanitarios. De igual forma, deben considerarse elementos de escala de producción en el marco del desfase que tiene el país en infraestructura y costos asociados a la gestión de residuos, un tema con necesidad de solventar.

Por otro lado, es importante indicar que en el sector agropecuario predomina el régimen de propiedad privada, aunque puede existir la propiedad comunitaria en algunas partes del país. Esto puede determinar la forma en la que se produce o se lleva a cabo la actividad; normalmente se indica que por ser propiedad privada existe menos preocupación por los recursos y que cuando es propiedad comunitaria puede existir un grado mayor de sostenibilidad; sin embargo, esa dicotomía no siempre es así, ya que dichos modelos productivos dependen de reglas impuestas o conciencia individual y colectiva, y la visión que se tenga.

La gestión de residuos puede estudiarse desde la economía circular, la cual es crítica del modelo económico actual caracterizado por tomar los recursos o materias primas, procesarlos y utilizarlos y, posteriormente, botar o tirar el producto. Este proceso se lleva a cabo porque se piensa que la disponibilidad de recursos y materias primas es infinita, y porque es más sencillo y barato deshacerse del resultado que utilizarlo. Sin embargo, la economía circular se posiciona como una alternativa en la que se busca que la materia que ya ha pasado por el proceso de producción y uso no sea dispuesta, sino que se incorpore de nuevo en este y otros procesos productivos.

Por lo tanto, en las actividades agropecuarias se pueden utilizar dichos residuos orgánicos como materia prima para generar otros productos, entre ellos abono orgánico, compost, bioenergía o alimento para animales⁷.

Sin embargo, es necesario indicar que la actividad económica y la gestión ecológica existen mediante proceso coevolucionario, en el que cambios en alguna especie o ecosistema generan alteraciones que impactan en otros. Además, se reconoce que, por ley de la entropía, ni la materia ni la energía se pueden reciclar completamente.

Es importante indicar que las vinculaciones entre el sector agropecuario y los procesos asociados con la sustentabilidad pueden traducirse a estadísticas, en las cuales se incluya la distribución ecológica. Por ejemplo, es posible tener indicadores sobre el uso de la materia y la energía, o generarse otros indicadores en los que se evidencie la capacidad de sustentación, la apropiación de recursos, entre otros. Un ejemplo de estos esfuerzos de medición es el realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia, en el que se conoce la extracción de activos ambientales, la producción de bienes y servicios, el consumo intermedio o final de las actividades económicas y los hogares, y el cierre y optimización en los ciclos de vida de los materiales y productos⁸.

Por su parte, Costa Rica introdujo políticas regulatorias en la línea de sustentabilidad. Por ejemplo, uno de los esfuerzos implementados en esta línea son las buenas prácticas agrícolas (BPA),

7 Un ejemplo es la experiencia de Coopepilangosta y el apoyo público-institucional recibido a través del NAMA Café, con el objetivo de mejorar procesos de manejo de pulpa y aguas residuales. Un estimado indica que se redujeron las emisiones entre un 20 y 30%. Otra experiencia positiva es el apoyo brindando a CoopeTarrazú, para mejorar el manejo de residuos del café, y de esa forma convertirlos en compost de forma mecanizada, incluyendo su transformación en fertilizantes orgánicos, otros subproductos, etc. También NAMA Ganadería señala la existencia de 390 fincas ganaderas en la Zona Norte bajo prácticas de sostenibilidad y adaptación al cambio climático.

8 Cuenta con indicadores como intensidad hídrica y energética por actividad económica y de los hogares, empleos verdes, participación del valor agregado de la actividad de recuperación, cogeneración y autogeneración de energía con energéticos provenientes de residuos, flujo de residuos sólidos hacia el ambiente, soluciones de ahorro o uso eficiente de energía en las actividades agropecuarias, gestión y aprovechamiento de residuos en las unidades de producción agropecuaria (Gobierno de Colombia, 2020).

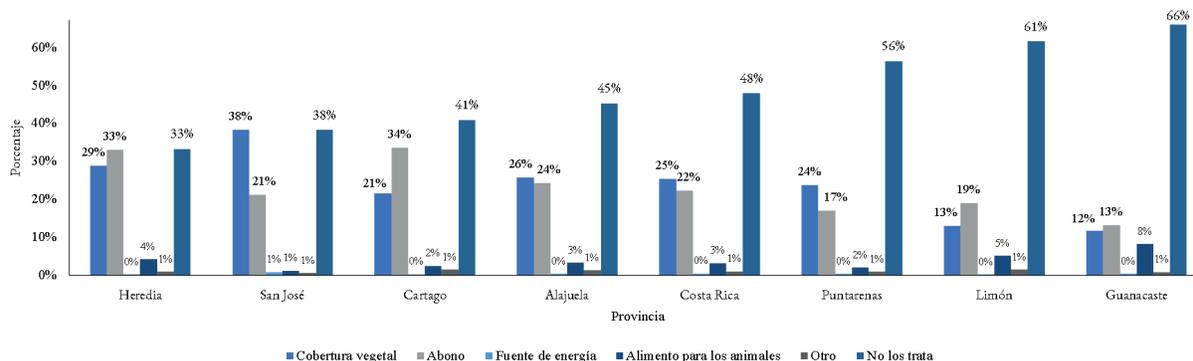
en las que se procura que las fincas identifiquen la generación de contaminación en los desechos que se producen, e incorpora en dicho proceso un plan de manejo de los residuos identificados, ya sean orgánicos o inorgánicos. Un ejemplo es la aplicación de BPA en la producción de frijol en la Zona Norte, donde las hojas de la mata de frijol pasaron de considerarse un estorbo que debía quemarse, a ser una fuente valiosa de nutrimentos que se colocan en el suelo o se acumulan para su compostaje (Proyecto de Innovaciones en la Cadena de Frijol, 2010).

Las estadísticas disponibles en el sector son recopiladas por el INEC en el VI Censo Nacional Agropecuario 2014; resulta relevante que el 60% de las fincas que cuentan con salas de ordeño utiliza los residuos como abono, pero el 25% no los trata. El porcentaje restante utiliza biodigestor (9%), lagunas de oxidación (3%) y otros (3%) (INEC, 2016).

En el caso de los residuos agrícolas, en su mayoría no son tratados y representan cerca del 48%. Además, el 25% de estas fincas los utiliza de cobertura vegetal, el 22% como abono, el 3% como alimento para animales, el 0.4% como fuente de energía y el 1% les da otro tipo de manejo (INEC, 2016). Estas estadísticas a nivel provincial se pueden observar en la figura 2.

Figura 2.

Manejo de residuos agrícolas según provincia



Fuente: elaboración propia con datos de INEC (2014).

Como vislumbra la figura anterior, resulta relevante que tanto a nivel país como provincial la mayoría de las fincas no tratan los residuos; incluso provincias como Guanacaste, Limón y Puntarenas sobrepasan el 50% de los residuos no tratados⁹. Además, la segunda y la tercera posición se encuentran disputadas por el uso de residuos como abono o cobertura vegetal y, lastimosamente, se observa cómo manejos asociados a la generación de energía, alimento para animales y otros no son mayores al 6% en ninguna provincia.

⁹ La información recabada por el INEC no cuenta con el detalle sobre el tamaño de las fincas ni sus características. Esto limita conocer si el manejo de los residuos puede estar asociado a frugalidad de recursos, o que sean consideradas prácticas poco relevantes, u otros motivos. De esta manera, es necesario que las estadísticas vayan más allá del dato estadístico para entender problemas complejos.

De igual forma, el INEC (2016) menciona que las principales fincas de cultivos en las que no se tratan los residuos son las de palma aceitera (62%), arroz (59%) y melón (56%). Además, el 45% de las fincas de caña de azúcar, frijol, maíz y yuca no realiza manejo de residuos. Por su parte, el 41% de las fincas que producen banano y el 36% de las que se dedican a la caficultura tampoco aplican medidas para manejar sus residuos.

Sin embargo, en el caso de la piña, que según la Promotora del Comercio Exterior (Procomer, 2021) es uno de los principales productos de exportación, existen algunos proyectos puntuales en los que se realizan algunas actividades para introducir los residuos de nuevo en el sistema como materias primas o nuevos productos. Algunos de estos proyectos son: cultivo de hongo ostra a partir de la corona de la piña, obtención de bromelina mediante el jugo residual del proceso exportador de piña, y extracción de nanocelulosa de las cáscaras de la piña (Canapep, 2017). Estas iniciativas son importantes en el marco de un cultivo emergente que, según Sandoval (2009) en Ingwersen (2012), implica problemas ambientales como erosión del suelo, contaminación, impactos en residuos orgánicos, etc.

También se han avanzado esfuerzos para aprovechar la fibra de pinzote que se genera en la producción de palma aceitera. Actualmente parte de este residuo se está utilizando para generar compost que luego es aplicado a la plantación como carbonización y fertilización. Sin embargo, la pila de pinzote no se están utilizando; ante esto, organizaciones como CICA-UCR, que incluye al TEC, el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA-MAG), el Centro de Investigaciones en Ecología y Aplicaciones Forestales de la Universidad Autónoma de Barcelona (CREAF-UAB) y la Agencia Certificadora Eco-LÓGICA se han unido para implementar el proyecto Bioecodes, que busca utilizar el pinzote para producir biocarbón para utilizarlo tanto en la misma producción como en el cultivo de frijoles y maíz como fertilizante, carbonizador, secuestro de carbono y disminución de GEI; asimismo, se indica que podría ser comercializable (O'Neal, 2020).

Por otro lado, se llevan a cabo iniciativas para la generación de biogás como los proyectos denominados Sermide, Kafur, Cerdos el Cerro, Porcina Americana, Cristo Rey, Cerro Grande, Juan Domingo, Abigail, Don Alex, Cámara de Ganaderos Guanacaste, Sustratos de la Ribera S.A., Coopecarnisur, Sigma, Dos Pinos, Ticofrut, Ángel, Hilda Rosa y Rafael Huete, en el cual se logran beneficios económicos y ambientales como producción de energía limpia, sustitución de hidrocarburos y energía eléctrica, reducción de gastos en facturación energética, producción de fertilizante sólido y foliar y, por ende, sustitución de fertilizante sintético y mejora de la microbiología del suelo, manejo de los residuos orgánicos, mejora de la salud ambiental del entorno, mejoras en los parámetros del vertido y control de olores (ICE, 2021).

De manera que se han desarrollado proyectos insuficientes, puntuales y muy reducidos. Como se observó en la tabla 1, muchos residuos no son tratados y esto se posiciona como una gran presión sobre los ecosistemas, ya que el sector agropecuario ha extraído sin restricciones recursos naturales y materias primas y, además, los residuos generados no se están tratando de la manera adecuada, lo cual se traduce en generación de gases que van a dar a la atmósfera. Por si fuera poco, se genera contaminación de los suelos y del agua superficial y subterránea, olores fétidos, entre otras.

Bajo esta línea, Costa Rica cuenta con una serie de políticas, planes y estrategias como el Plan de Descarbonización, que busca sistemas agroalimentarios bajos en carbono, apuntando a la posibilidad de que al 2030 se reduzcan las emisiones de las fincas y del procesamiento en café, ganadería, caña de azúcar, arroz y banano, y que al 2050 se utilicen nuevas tecnologías y métodos para modificar el sistema productivo a agricultura sostenible, competitiva, baja en carbono y resiliente (Gobierno del Bicentenario, 2018).

En el caso de la ganadería, se busca consolidar un modelo ganadero bajo en emisiones y se contemplan en la gestión de residuos dos metas: la primera es una campaña de educación sobre residuos agrícolas orgánicos a productores y técnicos, y la segunda generar un piloto sobre la utilización de residuos agrícolas orgánicos en sector industrial y pymes del sector alimentario (Gobierno del Bicentenario, 2018).

Lo anterior está asociado a la Estrategia Nacional de Bioeconomía, en la que se incorpora el tema mediante los ejes de bioeconomía para el desarrollo rural con el objetivo de “fomentar un desarrollo productivo rural sostenible e inclusivo”, para lo cual se propone utilizar la diversificación y agregación de valor y procurar una mejor gestión ambiental en los procesos y la creación de redes de valor. También aborda el tema desde la biorrefinería de biomasa residual, en la que se busca motivar nuevas actividades productivas encaminadas a un “aprovechamiento pleno y la valorización de la biomasa residual de los procesos agropecuarios, agroindustriales, forestales y pesqueros”.

Además, se puede incluir el Plan Nacional de Energía, ya que uno de los aprovechamientos de los residuos agropecuarios es como fuente de energía; en este plan menciona que es necesario contar con energías alternativas y que se genere más que solo energía a partir del bagazo.

Discusión

El análisis de la gestión de residuos abordado desde la perspectiva ecológica permite que se incorporen conceptos claves, y la transversalidad de este enfoque se evidencia en la participación de actores de distintas organizaciones públicas y privadas desde los ámbitos social, ambiental y económico.

Se considera que este tema se enmarca claramente en un sistema abierto al intercambio de materia y energía con el sistema natural. Por lo tanto, es primordial que este intercambio sea cada vez más sostenible y adecuado, que en él se utilicen los recursos eficientemente y que se incorpore la materia residual mediante el reciclaje, la reutilización y nuevos procesos productivos. Como se indicó, existen algunos proyectos puestos en marcha para dicha incorporación; sin embargo, siguen siendo escasos ante las estadísticas de poco tratamiento de residuos agropecuarios.

Otros mecanismos y medidas innovadoras para la generación de nuevos productos y revalorización de la materia son, por ejemplo, la generación de biomasa y bioenergía a partir de residuos forestales, cítricos, cascarilla de arroz, broza de café, piña, entre otros (TEC, 2018). Estas

opciones pueden, además de mejorar las condiciones ambientales y reducir la entropía, colaborar con aspectos socioeconómicos de la población que se dedican a dichas actividades, en el marco de un sector agropecuario que en los últimos años ha sido golpeado económicamente por la presencia de grandes intermediarios que restringen sus ingresos e incluso eventos climatológicos, que algunas veces implican menores ingresos ante las gestiones para recuperar sus cultivos.

Estas condiciones incluso son paradójicas, ya que es una actividad que depende directamente de las condiciones ambientales para funcionar adecuadamente. Por esta razón y las indicadas anteriormente, resulta impostergable que el sector agropecuario dé un giro en la generación de valor en todo el proceso productivo y en la utilización de los residuos como una fuente adicional de ingresos. Desde la perspectiva teórica, se puede recomendar que la actividad sea vista como un sistema en el que influyen diversos aspectos y como un complemento para mejorar las condiciones sociales y económicas.

Se identifican oportunidades para incursionar en este mercado ambientalmente sostenible. Por ejemplo, Cuba generó, en el año 1991, el 9,6% (1262 gigavatios/hora) de su electricidad a partir del bagazo de la industria azucarera: su segunda fuente de energía después de las termoeléctricas (Curbelo, Garea & Valdés, s.f.). Por su parte, la generación de productos en la industria alimentaria como antioxidantes o fibras de celulosa, la generación de macetas y películas biodegradables, biofertilizantes, la producción de nuevos materiales para envasado, compostaje, entre otras, son opciones que permitirían generar un proceso circular en la economía, y generar valor agregado.

Otro aspecto para considerar es que a nivel de planes y estrategias existe debilidad para la implementación de las acciones y evaluación desde el aparato estatal, ya que incluso la Estrategia de Bioeconomía aún no tiene un plan de acción definido, orientado y publicado, lo que genera que los esfuerzos que se realicen no lleven una clara direccionalidad para la consecución de los objetivos –con el consiguiente entorpecimiento en la gestión o atrasos–. En algunos otros casos la información sobre los avances y estadísticas es escasa. Sin embargo, son de rescatar los esfuerzos que se han realizado en el marco de un sector que tiene características particulares y complejas; así como también las acciones que ocurren de manera informal, que vienen a complementar el trabajo estatal.

Las metas de corto plazo del Plan Nacional de Energía vinculadas al tema ya han sido desarrolladas o elaboradas. Sin embargo, la divulgación de la información no ha sido adecuada, lo que ha inhibido que otros productores u organizaciones se incorporen en la producción de energías como la de biomasa y el biogás. Este Plan se basa en indicadores de proceso en los que no se evidencia nada más, no se conocen los mecanismos que concurrieron en los proyectos implementados, ni tampoco se conocen los impactos en la situación energética costarricense.

En el caso del Plan de Descarbonización, se cuenta con una hoja de ruta, pero ocurre la misma situación descrita, ya que las metas se basan en cantidad de procesos, proyectos, fincas que han implementado proyectos NAMA, plan piloto o medición, reporte y verificación. Esto implica que no exista forma de evaluar el impacto de estas metas. Otra debilidad de este plan es que propone muchos actores responsables, lo cual podría dificultar el seguimiento y la rendición de cuentas.

Conclusiones y recomendaciones

La gestión de residuos agropecuarios en búsqueda de incorporar otras formas de valorización y uso de los residuos permite elaborar conclusiones y recomendaciones de política pública. La vinculación teórica desde la perspectiva de economía ecológica evidencia que existe un proceso productivo principalmente caracterizado por un proceso lineal en el que no se reducen o reincorporan los residuos en los procesos productivos. Es decir, el ecosistema se posiciona como sumidero de residuos ante un actual modelo económico no sostenible.

Además, las dinámicas y realidades del sector agropecuario en términos de requerimientos de inversión, condiciones económicas e institucionales hacen que, en su mayoría, no se traten los residuos. Ante esto es relevante activar las regulaciones, impulso y políticas, así como el acoplamiento de los instrumentos existentes considerando la realidad del sector, para la implementación de más proyectos en los que se aproveche la materia residual. Así como también es necesaria una mejora de las condiciones para los trabajadores en términos de infraestructura, acceso al crédito, formalización, etc.

Por lo tanto, es necesario impulsar, mediante condiciones crediticias y fiscales, proyectos en los que se reintegren los residuos en otras etapas productivas. Esta medida puede implementarse en proyectos promovidos desde instituciones sociales como el IMAS, pues en el contexto económico actual del país existen esfuerzos para atender el sector en los que se puede incorporar la gestión integral de sus residuos.

En esta perspectiva, la economía circular juega un papel fundamental en la modificación de los procesos agropecuarios, cerrando los ciclos productivos y minimizando la cantidad de residuos agrícolas y ganaderos, para la mejora de condiciones sociales, económicas y ambientales.

Dentro de las posibilidades se encuentran el impulso de la industria alimentaria, médica, de envases y agrofertilizantes, en los cuales se podrían generar productos como mermeladas, harinas, jugos, vinos, antioxidantes, bebidas energéticas, alimento para animales, envases biodegradables, fertilizantes ambientalmente sostenibles, compost, entre otras. Lo anterior permitiría conducir la visión crematística y en búsqueda de mayor ingreso a actividades en las que se utilice la totalidad de materia del producto en otros procesos, y no se dispongan tantos residuos ni se degrade el ecosistema.

Un aspecto fundamental es la participación de los gobiernos locales, asociaciones de desarrollo y organizaciones no gubernamentales (ONG) en la identificación de condiciones en las comunidades en su papel de ente articulador y facilitador entre programas y oportunidades para su implementación. Dicha estrategia puede generar vínculos entre productores y asociatividad y, además, mejorar las condiciones del sector.

Para esto, es esencial la asesoría y acompañamiento de las organizaciones estatales, comunitarias y ONG en el quehacer de las fincas, de manera que esto no solo funcione como proceso retroalimentador a la hora de formular políticas, sino que el productor se encuentre acompañado en los procesos de cambio considerando sus características, capacidades, intereses y disponibilidad de recursos. Es decir, se pueden generar elementos de cocreación, acompañamiento, colaboración y entendimiento mediante una articulación de los actores.

La gestión de residuos agrícolas ha sido considerada a nivel de políticas, planes y estrategias como un pilar importante en la búsqueda de reducción de emisiones de CO₂, mejorar las condiciones ambientales, seguridad alimentaria y cumplir con los objetivos asumidos internacionalmente. Con ello se han logrado algunas orientaciones hacia un modelo de desarrollo ambientalmente sostenible.

Sin embargo, es necesario que las políticas se formulen con la consideración de metas que sean medibles y que estén orientadas al impacto. Actualmente, las estrategias disponibles exhiben la dificultad de albergar metas que se enfocan únicamente en el proceso, lo cual no permite conocer, cuantificar y evaluar el impacto de las medidas en la reducción de emisiones, condiciones de la tierra y el ecosistema, mejores condiciones socioeconómicas, entre otros factores acordes a la economía ecológica, la economía circular y el desarrollo sostenible.

Bajo esta línea, es relevante que se avance en la determinación de la institucionalidad para el sector en específico que dirija las actividades económicas a este nuevo modelo; por ejemplo, en el caso de la bioeconomía, no existe un marco institucional claramente definido ni desarrollado que les permita a los productores y generaciones de productos o subproductos a base de residuos ir innovando y, así, adaptarse a los nuevos requerimientos de la sociedad.

Es importante que se establezca una adecuada estrategia o metas explícitas sobre la educación en estos temas, para que no sean lineamientos impuestos por el Estado sino, por el contrario, que puedan nacer de los mismos productores. Esto permitiría que la estabilidad y el ímpetu de la actividad sean sostenibles a largo plazo. En ese particular, toman un papel fundamental actores como las universidades, centros académicos y organizaciones sin fines de lucro.

La implementación de los proyectos piloto en esta línea debe ser apoyada mediante estudios técnicos, capacidad productiva, claridad y herramientas necesarias para que estos primeros esfuerzos se implementen y evolucionen mediante el aprendizaje correcto. Por supuesto, deben ser divulgados para que nuevos proyectos privados puedan llevarse a cabo sin incurrir en altos costos.

El modelo actual de desarrollo y el ecosistema ya da alertas de la necesidad de cambio en las condiciones en las que actualmente opera el sector agropecuario, y el resto de los sectores deben modificarse. La adopción de la economía circular y del desarrollo sostenible en el sector agropecuario, con la articulación organizacional adecuada, puede significar el cambio ansiado desde hace décadas y la manera de conducir el sector hacia la sostenibilidad.

Referencias

- Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña [Canapep] (2017). Bioeconomía para aprovechar desechos orgánicos. *Piña de Costa Rica*, 26(3). <https://canapep.com/revistas/pina-de-cr-26.pdf>
- Cerdá & Khalilova (2016). Economía circular. *Economía Industrial*, 401, 11-20. <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOVA.pdf>



- Constanza, R. (1991). *Ecological economics: the science and management of sustainability*. Columbia University Press, New York. ISBN 0-231-07562-6
- Curbelo, A., Garea, B. & Valdés, A. (s.f.). Generación de electricidad a partir de bagazo en Cuba. <http://www.fao.org/3/t2363s/t2363s0n.htm>
- Dourojeanni, A. (1999). La dinámica del desarrollo sustentable y sostenible. *XV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo*. Barquisimeto. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/19862/S9970510_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Equipo Técnico de Compostaje (2020). *I Plan Nacional de Compostaje 2020-2050*. Costa Rica: Consejo Nacional Ambiental. <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2021/05/Plan-Nacional-de-Compostaje-2020-2050.pdf?x37378>
- Gobierno de Colombia (2020). *Primer reporte de Economía Circular 2020*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <http://www.andi.com.co/Uploads/economia-circular-1-reporte.pdf>
- Gobierno del Bicentenario de Costa Rica (2018). *Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050*. <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/11/PLAN-NACIONAL-DESCARBONIZACION.pdf?x41288>
- Gobierno del Bicentenario de Costa Rica (2021). *Reporte de avances en la implementación del Plan Nacional de Descarbonización al 2021*. <https://dev.cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2022/02/Reporte-final-de-Descarbonizacion-Preview.pdf>
- Instituto Costarricense de Electricidad [ICE] (2021). Proyectos energéticos. Programa Biogás. <https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/electricidad/proyectos-energeticos/programa-biogas>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] (2014). Prácticas medioambientales en sector agropecuario. <https://www.inec.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/reambientcenagro2014-18.xlsx>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] (2016). Una visión del sector agropecuario basada en el CENAGRO 2014. https://inec.cr/sites/default/files/presentacion-multimedia/ansimposiocenagro_felixzumbado.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] (2020). *Encuesta Nacional de Hogares*. <http://sistemas.inec.cr:8080/bininec/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=ECE&lang=esp>
- Ingwersen, W. W. (2012). Life cycle assessment of fresh pineapple from Costa Rica. *Journal of Cleaner Production*, 36, 152-163. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612002661>

Instituto Tecnológico de Costa Rica [TEC] (2018). *Biomasa, un futuro prometedor*. Oficina de Comunicación y Mercado. <http://hdl.handle.net/2238/9706>

Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG] & Ministerio de Ambiente y Energía [Minae] (2018). Acuerdo entre el Ministerio de Ambiente y Energía y el Ministerio de Agricultura y Ganadería para la reducción de emisiones en el sector agropecuario. <http://www.mag.go.cr/informacion/prog-ganaderia/Acuerdo-sectorial-reduccion-emisiones-sector-agropecuario.pdf>

Martínez-Alier, J. (1995). *Curso de economía ecológica*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. http://www.pnuma.org/educamb/documentos/Economia_ecologica.PDF

Mauri, C. (2013). *Propuesta de marco político y plan de acción para promover el uso de residuos agrícolas orgánicos como fuente de energía en Costa Rica*. MAG-FITTACORI. <http://www.mag.go.cr/proyectos/proy-residuos-agricolas-org/productos/producto%207.%20Informe%20Final%20Consultoria%20Politic%20RAO%2031%20May.pdf>

Ministerio de Ambiente y Energía [Minae] e Instituto Meteorológico Nacional [IMN] (2015). *Inventario nacional de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de gases de efecto invernadero en Costa Rica*. <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2020/10/NIR-2015-InventarioGEI.pdf?x41288>

Ministerio de Ambiente y Energía [Minae] e Instituto Meteorológico Nacional [IMN] (2021). *Costa Rica 2021: Inventario Nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono 1990-2017*. <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/InventariosGEI/InventarioGEI-2017/offline/InventarioGEI2017.pdf>

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones [MICITT] (2020). *Estrategia Nacional de Bioeconomía Costa Rica 2020-2030*. https://www.micit.go.cr/sites/default/files/estrategia_nacional_bioeconomia_cr_corregido.pdf

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica [Mideplan]. (2018) *Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública del Bicentenario 2019-2022*. https://documentos.mideplan.go.cr/share/s/ka113rCgRbC_BylVRHGgrA

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica [Mideplan] (2022). *Informe anual 2021: Balance de resultados del PNDIP*. <https://documentos.mideplan.go.cr/share/s/liqTWqPkTM6qMLpkg1kR6w>

Ministerio de Salud (2016). *Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021*. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos/sobre-el-ministerio/politcas-y-planes-en-salud/planes-en-salud/3025-plan-nacional-para-la-gestion-integral-de-residuos-2016-2021/file>

O'Neal Coto, K. (2020). Científicos logran fondos para convertir el residuo de palma en biocarbón. Noticias - Ciencia y Tecnología. *Universidad de Costa Rica*. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2020/09/29/cientificos-logran-fondos-para-convertir-el-residuo-de-palma-en-biocarbon.html>

Posada L, L. G. (1999). Nicholas Georgescu-Roegen. *Ensayos de Economía*, 10(16), 149–168. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ede/article/view/23894>

Programa Nacional de Ganadería (s.f.). *Costa Rica en ruta hacia la descarbonización de la ganadería 2013-2018*. MAG. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-11104.PDF>

Proyecto de Innovaciones en la Cadena de Frijol (2010). *Manual de capacitación en Buenas Prácticas Agrícolas: Aplicación a la producción de frijol en la Zona Norte de Costa Rica*. <http://repiica.iica.int/docs/B3192e/B3192e.pdf>

Revista Summa (2019). Costa Rica: Sector agropecuario se encuentra en desaceleración económica. *Summa*. <https://revistasumma.com/costa-rica-sector-agropecuario-se-encuentra-en-desaceleracion-economica/>

Samper, M., Masís, G., Miranda, O., Díaz, O., Ramírez, P. M., González, H., Solórzano, N., Guillén, R., Ramírez, O. & Arze, J.C. (2005). *Jornada de Reflexión y Debate sobre Políticas Agropecuarias, Estrategias de Desarrollo Rural, Seguridad Alimentaria, Pobreza Rural y Servicios de Extensión Agrícola*. Grupo de Estudios Rurales, Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad de Costa Rica. https://www.researchgate.net/publication/333031300_PoliticasyEstrategiasdeDesarrolloRuralSeguridadAlimentariaPobrezaRuralyserviciosenExtensionAgricola