

La industrialización de la agricultura en Ecuador desde la perspectiva del metabolismo agrario, 1961-2019

LAURA SAURA-GARGALLO, GLORIA I. GUZMÁN CASADO
Y MANUEL GONZÁLEZ DE MOLINA

PALABRAS CLAVE: metabolismo social, agroecosistemas, productividad primaria neta, intensificación.

JEL CODES: N56, O33, Q15, Q56.

El artículo analiza la transición socioecológica hacia una agricultura industrial en Ecuador, identificando los principales cambios y tendencias geográficas, productivas y comerciales en términos biofísicos. Para ello, se emplea la metodología del metabolismo agrario, basada en la contabilidad ambiental de los flujos de biomasa desde un enfoque agroecológico. Mediante indicadores como el cambio de uso de suelo, la productividad primaria neta, la extracción doméstica y el balance físico comercial, se evalúan la extensificación y posterior intensificación, la deforestación, la especialización productiva, la ganaderización y el agroextractivismo. El análisis de los patrones metabólicos, desde la producción hasta el consumo de biomasa, muestra el paso de agroecosistemas basados en recursos orgánicos territorializados a un modelo donde los flujos de entrada y salida se deslocalizan y dependen crecientemente de la energía fósil y del mercado internacional, lo que genera deterioro ambiental.

Agricultural industrialization in Ecuador from the perspective of agrarian metabolism (1961–2019)

KEYWORDS: social metabolism, agroecosystems, net primary productivity, intensification.

JEL CODES: N56, O33, Q15, Q56.

This paper analyses the socio-ecological transition toward industrial agriculture in Ecuador, identifying the main geographic, productive, and commercial changes and trends in biophysical terms. The study applies Agrarian Metabolism methodology, based on environmental accounting of biomass flows from an agroecological perspective. Using indicators such as land-use changes, Net Primary Productivity, Domestic Extraction, and Physical Trade Balance, we evaluated extensification and subsequent intensification, deforestation, productive specialization, livestock expansion, and agro-extractivism. This analysis of metabolic patterns from biomass production to consumption revealed a shift from agroecosystems based on territorialized organic resources to a model increasingly reliant on delocalized input and output flows, fossil energy and international markets, leading to environmental degradation.

Recibido: 2025-03-28 · Revisado: 2025-08-05 · Aceptado: 2025-09-26

Laura Saura-Gargallo [orcid.org/0000-0002-8834-0565] es Investigadora Predoctoral en la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. Dirección para correspondencia: Departamento de Geografía, Historia y Filosofía, Facultad de Humanidades, Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera Km 1, 41013, Sevilla. C.e. lsaugar@upo.es

Gloria I. Guzmán Casado [orcid.org/0000-0003-1165-7182] es Profesora Titular en la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. Dirección para correspondencia: Departamento de Geografía, Historia y Filosofía, Facultad de Humanidades, Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera Km 1, 41013, Sevilla. C.e. giguzcas@upo.es

Manuel González de Molina [orcid.org/0000-0002-0253-6971] es Catedrático de Historia Contemporánea en la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. Dirección para correspondencia: Departamento de Geografía, Historia y Filosofía, Facultad de Humanidades, Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera Km 1, 41013, Sevilla. C.e. mgonnav@upo.es

1. INTRODUCCIÓN

La industrialización agraria se puede definir como el proceso de sustitución de los flujos de biomasa que recirculan dentro del agroecosistema por insumos externos adquiridos a través del mercado (González de Molina *et al.*, 2021: 53). Con el cambio de modelo, la agricultura ha pasado de proveedora de energía solar a sumidero de energía fósil, constituyéndose como una causa estructural de la crisis planetaria (Krausmann & Langthaler, 2019: 92). Esta dependencia de un recurso finito supone un riesgo para la capacidad de los agroecosistemas de proporcionar la biomasa necesaria para la vida, en forma de alimentos, piensos, medicina, fibra o energía (Altieri & Toledo, 2011: 591). Por ello, consideramos que la comprensión del paso de una agricultura de base orgánica a una industrial, desde una perspectiva histórica y biofísica, puede nutrir el debate en torno a la transición hacia un modelo sostenible, ya que los patrones actuales condicionan los límites y las oportunidades de futuro (LaRota-Aguilera *et al.*, 2022: 2).

Aunque se trata de un fenómeno mundial, existen diferencias significativas entre el norte y el sur global en cuanto a los ritmos, las causas y las consecuencias socioambientales. En Latinoamérica, concretamente, la industrialización fue más tardía que la occidental, e inició durante el régimen alimentario intensivo (1950-1970) dominado por Estados Unidos, como vía para consolidar su hegemonía en la región (McMichael, 2015: 113). La revolución verde implicó una especialización en monocultivos comerciales dependientes de insumos externos (semillas «mejoradas», insumos químicos, maquinaria y riego), mediante la narrativa de incrementar la producción para combatir el hambre. Durante el régimen alimentario corporativo (1980-presente) se ha profundizado el cambio de modelo, combinándose la expansión de la frontera agraria con la intensificación (Krausmann & Langthaler, 2019: 93).

La literatura ha señalado al mercado internacional como el principal motor de la transición socioecológica en América Latina, más que el crecimiento interno de la población (LaRota-Aguilera *et al.*, 2022: 5). Esto se entiende dado su rol histórico como proveedora de materias primas, fundamentalmente para abastecer la demanda del norte global y en el siglo XXI también de China (Infante-Amate *et al.*, 2020). De hecho, es la región periférica que más biomasa exporta, por lo que el ámbito agrario ha adquirido protagonismo en los debates sobre el extractivismo, como modelo de extracción de recursos naturales, en gran volumen o intensidad, para su exportación como materias primas o con escaso procesamiento (Gudynas, 2018). Aunque el agroextractivismo presenta características distintivas que están generando nuevos análisis sectoriales (McKay *et al.*, 2022; Urrego-Mesa, 2021).

El crecimiento combinado de la producción industrial y el comercio global de biomasa ha generado deforestación, simplificación del paisaje agrario, pérdida de la diversidad biocultural, desigualdad y descampesinización (Goebel & Montero, 2021: 215; Zarrilli *et al.*, 2024: 429-432). La industrialización se ha legitimado bajo la racionalidad productivista, centrada en incrementar el rendimiento de la parte mercantil de ciertos cultivos a través del cambio tecnológico, ya que la agricultura tradicional se consideraba ineficiente (Picado, 2022; Sarandón & Flores, 2014: 44). Mientras, la especialización primario-exportadora ha sido defendida por la teoría liberal de las ventajas comparativas. En ambas subyace la lógica capitalista de maximización de los beneficios en el corto plazo, pero sin considerar los impactos socioecológicos, lo que ha suscitado críticas por parte de los enfoques centrados en la sostenibilidad.

Para contribuir a la discusión sobre los efectos de la agricultura industrial corporativa, resulta útil la metodología del metabolismo agrario (MA), como herramienta de análisis del intercambio biofísico entre los agroecosistemas y su entorno socioecológico (Guzmán *et al.*, 2017). En un inicio, se aplicó en diferentes escalas del contexto español, incluyendo la nacional (González de Molina *et al.*, 2019; Tello & González de Molina, 2023). Más recientemente, el MA ha sido replicado en casos de Latinoamérica, a escala nacional de Colombia (Urrego-Mesa, 2021), subnacional de Costa Rica (Clare, 2022; Goebel & Montero, 2022; Infante-Amate & Picado, 2018; Montero & Goebel, 2022, 2023) y de finca en Brasil (Menezes Neto *et al.*, 2023; Silveira, 2021) y Colombia (Barragán, 2019). Estos avances han demostrado que la intensificación y la especialización productiva en ganadería y en cultivos tropicales para la exportación han reducido la recirculación de la materia y energía necesarias para mantener la fertilidad del suelo y la biodiversidad, mermando la sostenibilidad. Otro efecto reseñable ha sido la pérdida de autosuficiencia alimentaria, evidenciada también mediante otra metodología metabólica como el intercambio calórico desigual (Falconí *et al.*, 2017).

No obstante, sigue siendo necesario ampliar los casos de estudio para confirmar si, como se presupone, existe una pauta regional diferente a la del norte global, donde existen más estudios metabólicos. El objetivo del presente artículo es analizar las principales transformaciones sociometabólicas de la agricultura de Ecuador durante la industrialización producida entre 1961 y 2019, los impactos en la sostenibilidad agraria y los factores de cambio globales y nacionales. Para ello, se ha examinado la reconfiguración espacial de los agroecosistemas y la evolución general de la producción de biomasa. A continuación, se han determinado los patrones biofísicos de producción, extracción, uso final, comercio exterior y consumo de los flujos de biomasa agrícola, y también del uso de insumos químicos, para conocer el grado de intensificación. Los resultados

nos han permitido identificar las características compartidas con otros territorios y las especificidades del perfil metabólico ecuatoriano.

Ecuador es conocido por ubicarse en la mitad del mundo y por ser el país mega-diverso más compacto del planeta, gracias a su gran cobertura forestal y su variedad edafoclimática y de vegetación, distribuida en tres biomas o regiones principales: Sierra, Costa y Amazonía (Kleemann *et al.*, 2022). Sin embargo, se ha convertido en un *hotspot* global amenazado por su economía basada en los recursos naturales con una estructura primario-exportadora, rasgo común en la zona andina y la región. La biomasa destaca como la segunda fuente de exportaciones en términos monetarios y materiales, detrás del petróleo (Vallejo, 2010). De hecho, pese a su tamaño (256.370 km²), es uno de los principales exportadores mundiales de banano, cacao, flores o camarón. Y, aunque ha decaído el peso de la agricultura en la economía, todavía se puede considerar como un país rural y agrario en comparación con la dinámica regional¹. Como contextualización general, los cambios agrarios han estado marcados por una sucesión de ciclos político-económicos, similar a la de otros países latinoamericanos. La industrialización agraria se inició durante el desarrollismo, que finalizó en 1982, dando paso al ciclo neoliberal hasta el 2006. Posteriormente, durante el periodo posneoliberal (2007-2017), Ecuador se convirtió en un país pionero en declarar en su Constitución (2008) a la Naturaleza como sujeto de derechos y en promulgar la Soberanía Alimentaria en el marco de los Derechos del Buen Vivir. Esto se comprende por la pervivencia de la agricultura campesina e indígena, a pesar del avance del agronegocio. Por tanto, el interés del caso de estudio es multidimensional, por razones ecológicas, socioeconómicas y políticas.

2. METODOLOGÍA Y FUENTES

La metodología consiste en la aplicación de la propuesta teórico-metodológica del metabolismo agrario a agroecosistemas andinos y tropicales. La potencialidad del MA reside en que combina los dos principales instrumentos metabólicos (Gerber & Scheidel, 2018): el *material and energy flow accounting* (MEFA), que es más histórico y estandarizado, y por ende comparativo; y el *multi-scale integrated analysis of societal and ecosystem metabolism* (MuSIASEM), que relaciona los flujos con los elementos fondo. Los flujos equivalen a la energía y los materiales que se consumen o disipan durante el

1. Según el Banco Mundial, el sector primario de Ecuador ha pasado del 34% del valor agregado del PIB en 1961 al 7,7% en 2023. La misma fuente señala que, en 2022, el empleo agrario constituyó el 31,5% del total en Ecuador, frente al 13,6% en Latinoamérica. Asimismo, la población rural ecuatoriana supuso el 35,4%, frente al 18,4% de la región.

proceso metabólico. Los fondos son estructuras disipativas que procesan los flujos de entrada y los transforman en bienes y servicios, pero también en residuos. Una parte de los flujos debe emplearse para la reproducción de los fondos, de modo que no pueden destinarse todos para usos finales (González de Molina *et al.*, 2021: 52).

Desde un enfoque agroecológico, esto implica que una parte de los flujos de biomasa deben permanecer en los agroecosistemas para sostener la vida edáfica, la biodiversidad, la fertilidad y, en definitiva, la salud del fondo tierra (González de Molina *et al.*, 2021: 53). Por ello, la base del MA es la productividad primaria neta (PPN), definida como toda la biomasa fotosintetizada durante el año en un territorio, incluida la que se extrae y la que no (González de Molina *et al.*, 2019: 57). Para estimar la PPN de los cultivos, se han empleado los datos de producción de FAOSTAT², que equivalen a la parte comercial de la cosecha (granos, frutos, etc.), pues las estadísticas nacionales no estaban disponibles para todos los años. A continuación, se han aplicado diferentes coeficientes (Guzmán *et al.*, 2014; Guzmán & González de Molina, 2017; Urrego-Mesa, 2021), para convertir los datos en materia seca (MS) y contabilizar el resto de la biomasa producida: residuos, raíces, hierba acompañante y biomasa acumulada.

La PPN de pastos y bosques se ha estimado a partir de la superficie y el rendimiento de las principales especies o categorías de cada región, al no haber disponibles datos de producción. Las series de los usos del suelo (cultivos, pastizales utilizados, pastizales y matorrales no manejados, y bosques) se han extraído del modelo HILDA+, que ofrece datos más completos y coherentes que las fuentes oficiales³. Los pastos con uso ganadero se han desagregado en cultivado, natural y páramo a partir de los datos del Instituto Nacional de Estadística de Ecuador (INEC). Los coeficientes de rendimiento, en toneladas de materia seca por hectárea (t MS ha⁻¹), se han obtenido de literatura especializada. La explicación detallada de las definiciones, cálculos y asunciones metodológicas se puede consultar en Saura-Gargallo *et al.* (2025).

Dado que el paquete de la revolución verde en Ecuador se centró en la fertilización de síntesis y las variedades «mejoradas» (Naranjo, 2016: 211), se ha tomado el uso de insumos químicos como indicador de la intensificación⁴. El consumo de fertilizantes

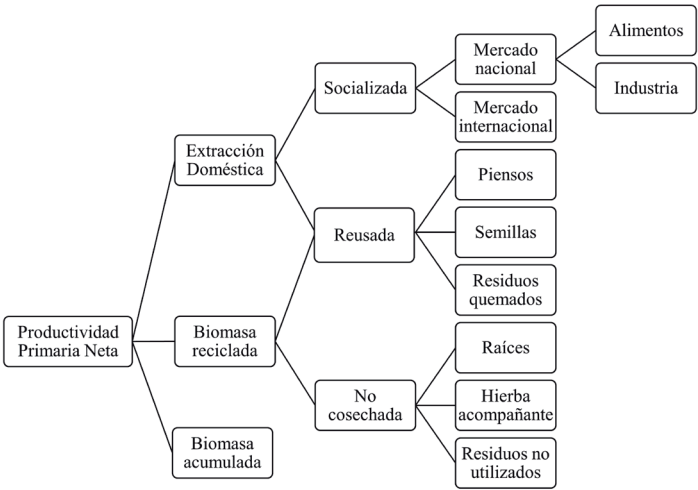
2. Disponibles en <https://www.fao.org/faostat/es/#data>. El sector florícola no se ha incluido, pese a su relevancia económica, al no constar en FAOSTAT, que prioriza los productos alimentarios. El maíz, registrado como una categoría única, ha sido dividido en maíz duro seco para alimentación animal y maíz para consumo humano a partir del INEC.

3. Disponible en <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.921846?format=html#download>.

4. El estudio de la maquinaria y el riego excede los propósitos de este artículo y será considerado en futuras publicaciones.

químicos se ha obtenido de FAOSTAT, expresado en toneladas de nutriente, según el contenido de nitrógeno, potasio y fósforo de los productos⁵. El uso de pesticidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas) también se ha tomado de FAOSTAT, pero como solo registra datos desde 1990, se ha completado la serie a partir de literatura basada en información oficial (Banco Mundial, 1993; FAO, 1961; Jara, 1985; Yamagiwa, 1998).

FIGURA 1
Flujograma de la biomasa agrícola



Fuente: elaboración propia basada en Guzmán *et al.* (2018).

El análisis de los destinos de la PPN agrícola permite calcular el grado de apropiación de biomasa por parte de la sociedad y, a la vez, la cantidad que recircula desempeñando funciones productivas y reproductivas esenciales dentro del agroecosistema (Guzmán *et al.*, 2018). Para tal fin, la PPN se ha descompuesto en: 1) biomasa socializada (BS), que es la parte comercial extraída por la sociedad previo procesamiento; 2) biomasa reusada o porción que retorna al agroecosistema mediante el trabajo humano (semillas, piensos y residuos quemados); 3) biomasa no cosechada, que es la suma de las raíces, la hierba acompañante y los residuos que permanecen; y 4) biomasa acumulada o parte de los cultivos leñosos que se acumula en la estructura. La suma de la biomasa socializada y reusada equivale a la extracción doméstica (ED), esto es, el flujo material que la sociedad se apropia de los agroecosistemas; mientras

5. Exceptuando el 2001, cuyo valor proviene de la Asociación Internacional de Fertilizantes, por ser más consistente con la tendencia general, dado que FAOSTAT presentaba un salto demasiado abrupto al asumir que la cantidad importada había sido realmente usada.

que la reusada y la no cosechada conforman la biomasa reciclada, que sirve de *proxy* de la calidad ambiental de la tierra.

Para contabilizar la biomasa reusada, se han estimado los datos de las semillas y los piensos procedentes de la parte comercial de los cultivos a partir de los balances alimentarios de FAOSTAT. Los piensos provenientes de los residuos de caña y banano se han cuantificado en base a literatura (Ávila, 2021; Carbo, 2024; Gómez Soto *et al.*, 2021), la paja de cereales mediante el levantamiento primario de información (consulta a personas expertas y encuesta a productoras) y para las hortalizas, legumbres y tubérculos se ha considerado un 10% sobre el total de los residuos producidos (González de Molina *et al.*, 2019: 335). Los residuos quemados de la caña, el arroz y el maíz, donde es común la quema, se han estimado gracias al Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (ESPOL, 2004a), considerando que la roza y quema de rastrojos es una práctica tradicional que permanece hasta la actualidad.

Para comprender mejor la trayectoria de los piensos y los pastos, se ha incluido una estimación de la cabaña ganadera en peso vivo. La fuente principal ha sido FAOSTAT, que brinda series anuales de las principales especies en cabezas, agrupadas para el presente análisis en bovino, equino, caprino, ovino, porcino y avícola. En las dos últimas, se ha diferenciado la producción industrial y de campo a partir de los datos del INEC. El peso se ha obtenido de bibliografía especializada, teniendo en cuenta los cambios en el manejo de la cabaña bovina (Berrezueta citado en Reyes *et al.*, 1997; Egas, 1974; Gonzabay, 2023; Grijalva, 1996; Tergas, 1978). Para el resto de los rumiantes, se ha tomado el valor de las especies criollas, al ser las más predominantes (Duchimaza *et al.*, 2019; González de la A, 2021; Jumbo, 2015; Rivera *et al.*, 2013). En los cerdos y pollos se ha diferenciado el peso según el sistema de producción (Cedeño, 2019; Guevara, 2018; Martínez Escobar, 2016; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2011; Olmedo *et al.*, 2021; Torres *et al.*, 2021).

Finalmente, la ED se ha desagregado según los usos finales. Los destinos de la BS se han recabado de los balances alimentarios y no alimentarios de FAOSTAT⁶, que

6. Para armonizar los dos balances, anterior y posterior a 2010, se ha ajustado la serie de almendra de palma, que distorsionaba el total. Como la producción de almendra registrada en 2010-2019 era mayor que la del producto primario del que se deriva (aceite, nuez de palma), y sabemos por los factores de conversión de la propia FAO que esto no es posible, se ha asignado el mismo coeficiente de extracción del último año disponible en la metodología anterior. Otra corrección ha sido la exclusión de los dulcificantes, apenas contabilizados en la anterior metodología y con valores muy elevados en la nueva, lo que dificultaba la homogeneización de la serie. Asimismo, el último balance no contemplaba las tortas para alimentación animal, pero como son un rubro importante se han añadido tomando los datos de comercio de FAOSTAT.

permiten clasificar los usos en: alimento, materia prima para la industria (subdividida en alimentaria y otros fines) y mercancía para el comercio exterior. Además de la ED, se han incluido otros dos indicadores básicos de la contabilidad de flujos de materiales (CFM), como parte de la metodología MEFA: el balance físico comercial (BFC), como la diferencia entre la cantidad de biomasa agrícola que se exporta y la que se importa, también a partir de los datos de FAOSTAT; y el consumo doméstico de materiales (CDM), que se calcula sumando el BFC y la ED (Soto *et al.*, 2016). Todos los datos se han convertido a MS.

3. RESULTADOS

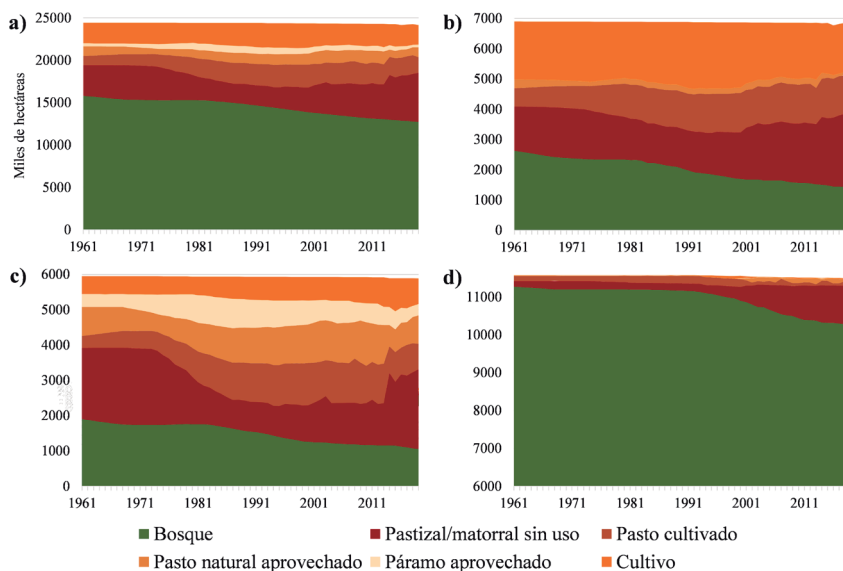
3.1. Evolución general del uso de suelo y la productividad primaria neta

A escala nacional, la superficie predominante es la forestal, que en promedio entre 1961 y 2019 representa el 58,9% de la superficie continental. Le siguen los pastizales utilizados, que en total suman el 15,5%, similar a los no manejados, con un 14,3%. Por último, los cultivos son la superficie con menor representación (10,5%) y variación de su peso en todo el periodo. La evolución de los usos del suelo ha estado marcada por la expansión de la frontera agraria, primero de pastos y luego también de cultivos, a costa de la superficie forestal; seguida del crecimiento de los pastizales sin aprovechamiento y la intensificación productiva de la superficie agropecuaria a medida que nos acercamos al siglo XXI.

No obstante, un análisis más en detalle de cada uso de suelo y a escala regional muestra dinámicas particulares⁷. En primer lugar, los cultivos se expandieron moderadamente en los primeros años, para contraerse con la reforma agraria de 1973, donde el centro fueron los pastizales utilizados. Es a partir de 1980 cuando crecen con fuerza hasta 1994, pasando de 2,4 a 2,9 millones de hectáreas (Mha), lo que supuso un incremento del 23%. Luego se estabilizaron hasta el 2000, alcanzando su momento álgido en 1997. Un 62,3% de dicha expansión es atribuible a la Costa, que ya partía con una mayor ocupación de este uso de suelo, como se aprecia en el mapa (Fig. 3). Posteriormente, ha tendido a decrecer, pese al repunte de 2007-2013, perdiendo hasta final del periodo un 20,1% (578.136 ha). Esto refleja el paso a un modelo más intensivo y el agotamiento de la frontera agraria.

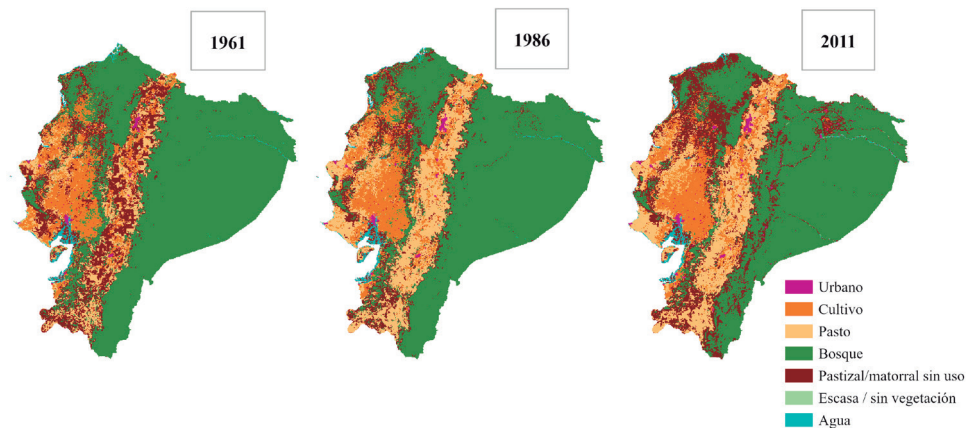
7. No se incluyen las islas Galápagos porque apenas tienen representación en el total nacional y presentan dinámicas propias.

FIGURA 2
Evolución de los usos del suelo en Ecuador continental (a),
Costa (b), Sierra (c) y Amazonía (d), 1961-2019



Fuente: elaboración propia basada en HILDA +.

FIGURA 3
Mapas de uso de suelo del Ecuador continental



Fuente: elaboración propia basada en HILDA +.

La expansión de las tierras de pastoreo fue más temprana y elevada. Entre 1973 y 1986 el crecimiento fue intenso, aumentando un 67,7% (1,77 Mha). Después se estabilizó con

alguna fluctuación, llegando a su pico máximo en 1995. Finalmente, se contrajo a partir del 2000, al igual que la superficie cultivada, perdiéndose hasta el final del periodo un 28,6% (1,34 Mha). Durante el periodo de expansión (1961-2000), el pasto cultivado o artificial⁸ fue el que más creció, representando dos de cada tres hectáreas nuevas. Donde más impactó este proceso fue en la región andina, que concentró el 68,7% del incremento. Si bien la tendencia global durante el siglo XXI ha sido decreciente, ha dependido del tipo de pasto. El páramo ya venía decayendo desde 1987, el cultivado desde el 2000 y no es hasta 2013 cuando se reduce también el pasto natural. Destaca el descenso pronunciado de 2014 debido a la reducción de la cabaña bovina (Fig. 8) y a cambios en la metodología de las estadísticas oficiales (Saura-Gargallo *et al.*, 2025).

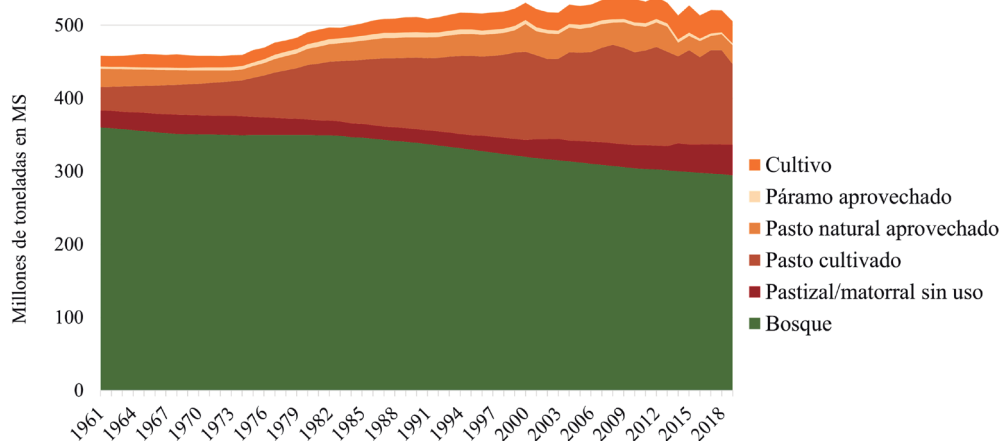
La principal consecuencia ambiental del avance de la frontera agropecuaria ha sido la destrucción de formaciones vegetales naturales, como bosques, matorrales o páramos (Gondard & Mazurek, 2001: 28). La deforestación se advierte claramente en las figuras, siendo uno de los principales cambios en la geografía de Ecuador. Desde 1961 la superficie forestal se ha reducido un 19,5%, pasando de 15,8 a 12,7 Mha. Así pues, ha pasado de representar el 64,4% al 52,0% de la superficie continental. Aunque la Figura 2 muestra un descenso relativamente lineal, un examen más detenido de la tasa anual revela distintas fases. La serie comenzó con una elevada tasa de deforestación entre 1961 y 1967 (-0,4%), que se suavizó después, llegando incluso a frenarse entre 1974 y 1979, pues en este intervalo los pastos se expandieron más bien en detrimento de pastizales naturales como el páramo. En los ochenta y noventa, la deforestación fue más grave, coincidiendo con la extensificación, llegando a una tasa de -0,54% entre 1982 y 1999. Después se desacelera, pero se mantiene igualmente alta (-0,45%). A nivel regional, en las primeras fases el Litoral acumuló la mitad de las pérdidas totales, pero en la última fase el territorio más afectado ha sido la Amazonía, representando el 56,9% de las pérdidas.

Estos cambios permiten comprender mejor la evolución de la PPN, que en total presenta una expansión moderada a lo largo del histórico (10,3%), aunque la trayectoria varía si atendemos al origen de la biomasa. Los flujos provenientes de las tierras de pastoreo son los que experimentan el mayor crecimiento, especialmente los pastos artificiales, con un aumento del 244%. La intensificación de estos pastos ha sido el principal factor detrás del crecimiento de la producción total de pasto aprovechado, que pasó de 60,2 millones de toneladas (Mt) de MS a 138,7 Mt MS entre 1961 y 2019. Esta evolución en la disponibilidad de recursos forrajeros se relaciona con la dinámica de

8. Pastos sembrados que rebrotan tras el corte o pastoreo, destinados primordialmente a la alimentación del ganado, y que incluyen pastos naturales con riego o fertilización (INEC, 2019).

la cabaña ganadera, en especial bovina (Fig. 8). En segundo lugar, destaca el aumento de la biomasa de los cultivos, que se ha incrementado un 108% (15,6 Mt MS). Los pastizales no productivos también acrecientan su PPN en 19 Mt MS, aunque con un crecimiento relativo menor (82%) al no tener intervención humana directa. La masa forestal es la única que decrece su PPN (-18,2%), generando 65,7 Mt MS menos debido al mencionado proceso de deforestación.

FIGURA 4
Evolución de la productividad primaria neta real
de los diferentes usos de suelo, 1961-2019

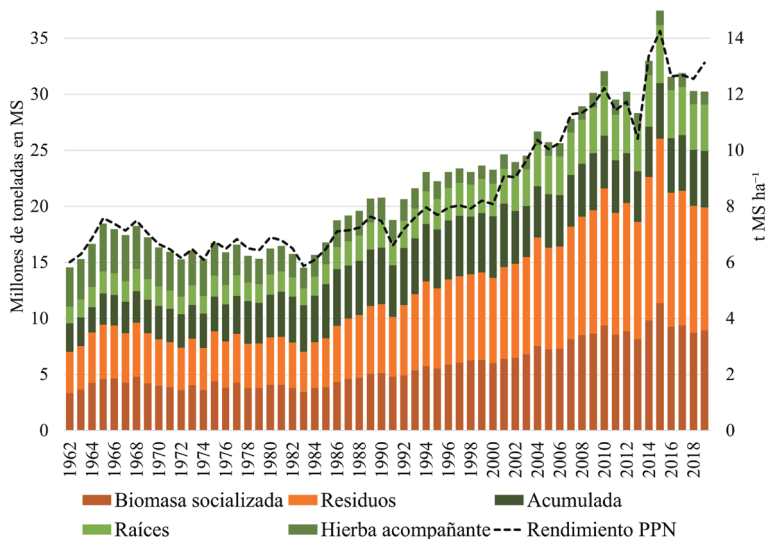


Fuente: elaboración propia.

3.2. Productividad primaria neta de los cultivos: intensificación y especialización comercial

Los cultivos han aumentado su participación sobre la PPN total, elevándose del 3,2% al 6% a lo largo del intervalo analizado, lo que evidencia transformaciones significativas en la sociedad ecuatoriana y su entorno natural. La Figura 5 muestra cómo los flujos de biomasa agrícola se han duplicado entre 1961 y 2019, pasando de 14,56 a 30,23 Mt MS. Esto se ha debido tanto a la ampliación de la superficie de los ochenta y noventa como a la tendencia posterior a incrementar la PPN real por hectárea. Sin embargo, cabe señalar que el crecimiento no ha sido uniforme, pues encontramos varios momentos de contracción. El más prolongado fue desde 1965 hasta 1983, el punto más bajo de la serie, con una caída del 21,2% de la PPN. El rendimiento también se resintió, descendiendo a 5,9 t MS ha⁻¹ de PPN.

FIGURA 5
PPN agrícola por tipo de biomasa (eje izquierdo)
y rendimiento (eje derecho), 1961-2019



Fuente: elaboración propia.

Después comenzó una tendencia al alza, aunque más pronunciada en la PPN, que en 1986 ya superaba los valores máximos del periodo previo, lo que en el rendimiento no se logró hasta 1994. Podemos distinguir dos momentos: entre 1983 y el 2000 creció más la PPN (60%) que el rendimiento (38%); pero desde el 2000 hasta el apogeo en 2015, los incrementos fueron del 61% y 77% respectivamente, lo que evidencia una tendencia a la intensificación. En valores absolutos se alcanzó una PPN de 37,5 Mt MS, y un rendimiento de 14,3 t MS ha⁻¹. Como discontinuidades, además de la caída de 1991, recientemente se han producido dos grandes desplomes, entre 2010-2013 y a partir del 2015, cuando la tendencia se vuelve decreciente.

No obstante, no toda la biomasa ha seguido la misma tendencia, pues la industrialización ha afectado a los componentes de la PPN. La Figura 5 representa el gran crecimiento de la parte comercial (163%) y de los residuos (201%) a lo largo del periodo, mayor incluso que en la producción total. Esto se debe a la especialización en cultivos tropicales que generan gran cantidad de productos y subproductos. La biomasa radicular también se ha incrementado (180%), pues depende de la cantidad de biomasa aérea. Asimismo, la biomasa acumulada tuvo un ascenso pronunciado hasta final de siglo. De hecho, entre 1978 y 1992 llegó a suponer tanta biomasa como

la socializada. Después decreció por el declive del café (Tabla 1), lo que también se aprecia en términos relativos (Fig. 7a). Pero en seguida se estabilizó, manteniéndose en valores altos por el incremento de otros cultivos leñosos. Por último, la hierba acompañante es la única que se ha reducido (-67%), lo que se correlaciona con el auge de los insumos químicos.

TABLA 1
PPN real, superficie y rendimiento de los principales cultivos,
promedio de dos décadas

Cultivos	PPN real (kt MS)			Área (1000 ha)			Rendimiento (t MS ha⁻¹)		
	1961- 1980	1981- 2000	2001- 2019	1961- 1980	1981- 2000	2001- 2019	1961- 1980	1981- 2000	2001- 2019
Cultivos comerciales									
Caña de azúcar	4.834	3.656	5.398	94	88	97	52	43	56
Bananos	2.619	2.893	5.048	145	153	202	19	20	25
Palma aceitera	658	2.171	6.302	28	63	191	24	35	33
Cacao	2.044	2.396	2.945	226	315	401	9	8	7
Café	1.679	2.790	909	215	376	129	8	7	7
Maíz duro seco	369	956	2.134	95	254	281	4	4	7
Soja	31	359	249	5	52	38	6	7	6
Otros industriales	403	239	250	60	52	49	7	5	5
TOTAL	12.637	15.460	23.235	868	1.353	1.388	15	11	17
Cultivos básicos									
Arroz	861	2.340	3.730	103	273	362	8	8	10
Plátanos	533	698	537	46	83	111	13	9	5
Frutas	599	728	1.200	36	67	108	17	11	11
Raíces y tubérculos	670	360	251	76	75	69	9	5	4
Otros cereales	1.000	499	388	352	235	177	3	2	3
Hortalizas	161	134	160	25	55	83	6	3	2
Legumbres	333	199	124	110	76	63	3	3	2
TOTAL	4.157	4.958	6.390	748	864	973	6	6	7

Fuente: elaboración propia.

Un impulsor del crecimiento agrícola ha sido la especialización en cultivos con gran rendimiento de la PPN real por hectárea (Tabla 1). En primer lugar, destacan cultivos flexibles como la caña azucarera, un producto agroindustrial tradicional que ha sido protagonista en todo el periodo, a pesar del repliegue de mitad de la serie. Le sigue la palma de aceite, cuya PPN es la que más ha crecido en términos absolutos, sobre todo en las últimas dos décadas. En cambio, la soja tuvo su apogeo entre los ochenta y los noventa. En segundo lugar, han ampliado su importancia algunos productos de exportación tradicionales, el cacao por su expansión espacial y el banano por el aumento en la

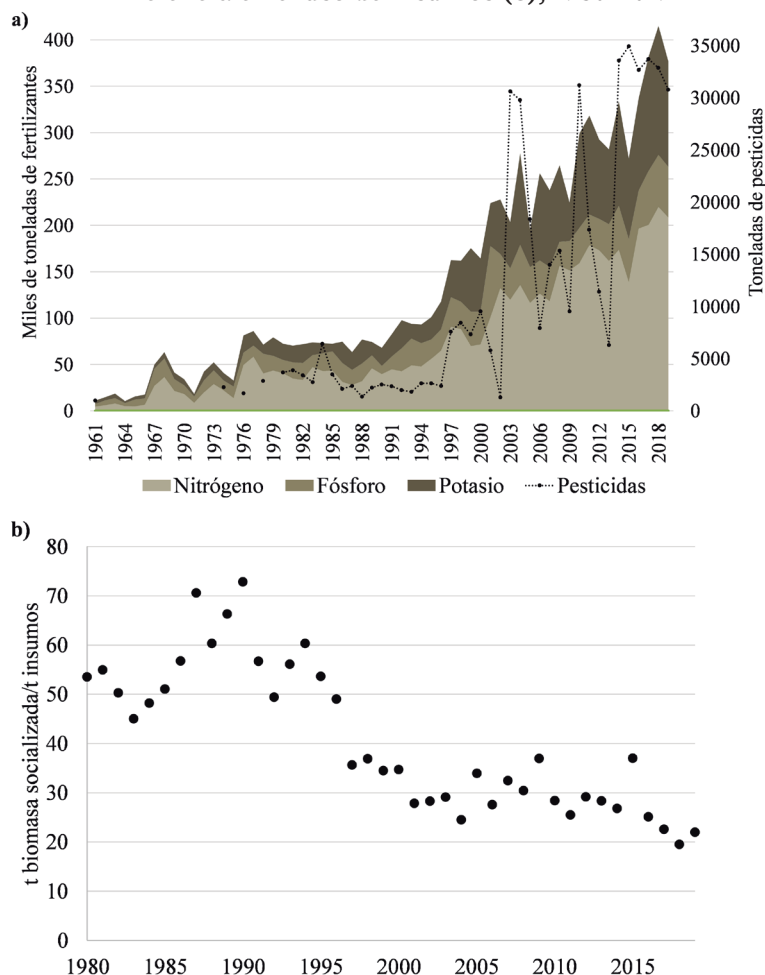
superficie y el rendimiento, tras superar la crisis de 1965-1972. Lo mismo ha sucedido con los dos cereales principales, el arroz y el maíz duro, que han visto potenciada su PPN ha^{-1} con el cambio de siglo.

Esta especialización en cultivos comerciales se ha dado en detrimento de algunos productos básicos, es decir, aquellos destinados al autoabastecimiento alimentario sin mayor grado de transformación. Los que más han decaído en superficie y PPN son otros cereales, seguidos de raíces, tubérculos y legumbres. En contraposición, plátanos, frutas y hortalizas han adquirido una mayor relevancia. Una diferencia entre los cultivos comerciales y los básicos, a excepción del arroz, la encontramos en el rendimiento. Los básicos, además de mostrar una menor PPN ha^{-1} , han sufrido una caída del rendimiento durante el proceso de intensificación por la disminución en la biomasa no cosechada. Mientras, en algunos comerciales esto se ha compensado con el cambio a variedades con mayor productividad de la parte comercial. En definitiva, Ecuador mostraba cierta especialización desde el inicio, un carácter que se ha acentuado con el cambio de modelo, siendo los cultivos comerciales los que más han incrementado su PPN, su superficie y su rendimiento. Así pues, si en las primeras décadas por cada tonelada de PPN de cultivos básicos se producían 3 t MS de comerciales, en el siglo XXI ya eran 3,6.

Otro factor explicativo del crecimiento ha sido la intensificación. La agricultura industrial tuvo un primer impulso en las dos primeras décadas. Los fertilizantes pasaron de 11,0 a 81,4 kt entre 1961 y 1976; después su uso se mantuvo relativamente estable hasta 1990, mientras que los pesticidas aumentaron de 0,98 a 6,4 kt entre 1961 y 1984. A continuación, el uso incluso decrece, aunque los datos podrían estar infraestimados, ya que solo contabilizaban las importaciones registradas, no las procedentes del contrabando (ESPOL, 2004b). En los noventa es cuando parece producirse el verdadero auge de la industrialización, especialmente en la segunda mitad. El empleo de fertilizantes, principalmente nitrogenados y potásicos, ascendió rápidamente de 101,0 kt en 1995 a 175,5 en 1999. Desde 1996 se disparó también el uso de pesticidas, que han seguido una tendencia discontinua, pero creciente⁹. En el siglo XXI, se eleva aún más el consumo total, pese a la variabilidad interanual, lo que apuntala el proceso de intensificación productiva en dos intervalos consecutivos. Entre 2000 y 2007 se multiplicó por 1,4 el uso total de insumos químicos, y entre 2008 y 2018 por 1,8; llegando a aplicarse en esta última fecha 415,1 kt de fertilizantes y 30,8 de pesticidas. El resultado ha sido una

9. Esto puede deberse tanto a factores ambientales, económicos o políticos, como a la calidad de los datos reportados, lo que requeriría un estudio más exhaustivo.

FIGURA 6
Uso de insumos químicos (a), 1961-2019;
Eficiencia en el uso de insumos (b), 1980-2019



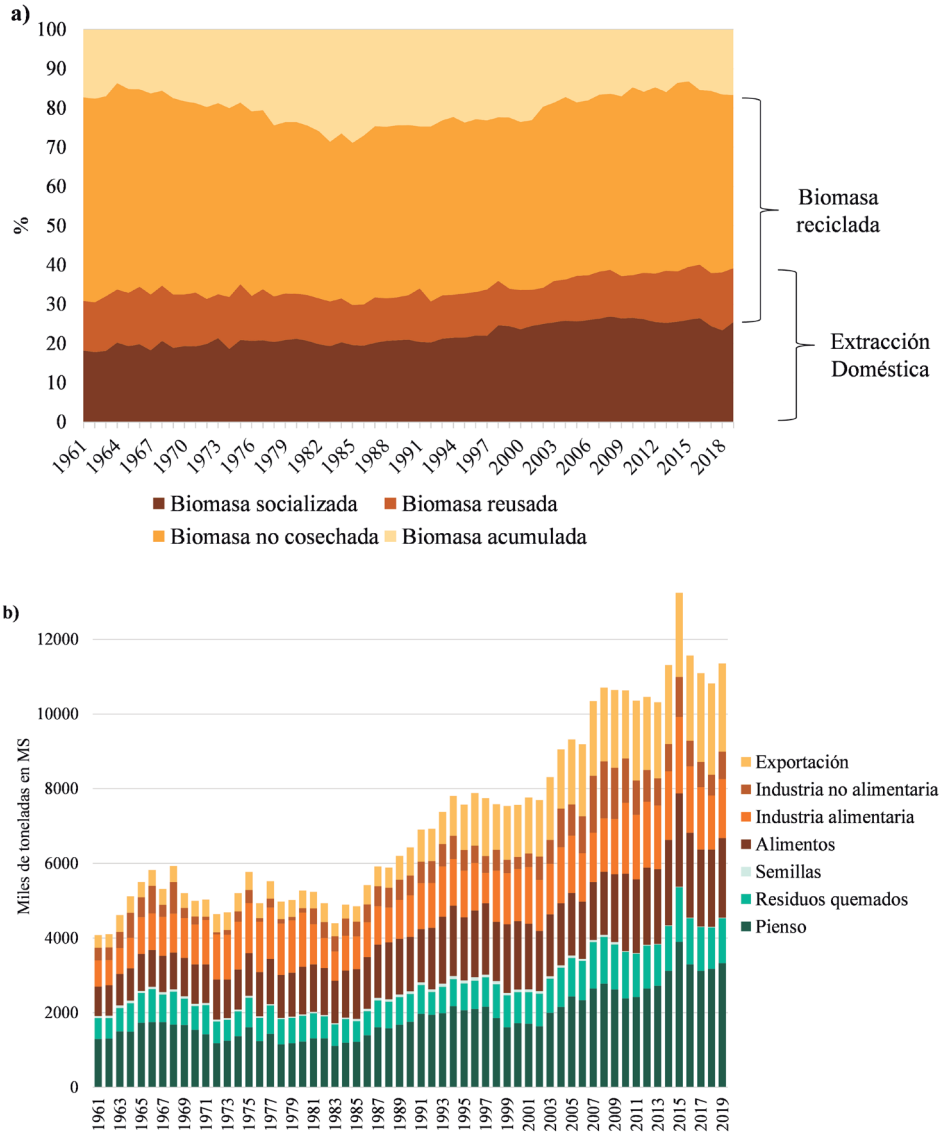
Fuente: elaboración propia basada en FAOSTAT.

progresiva pérdida de eficiencia en el uso de insumos. Entre 1980 y 2019 la producción pasó de 53,5 a 22,0 t MS de BS por cada tonelada de insumos (Fig. 6b).

3.3. Extracción doméstica y usos finales

De las categorías de la PPN agrícola, la que más ha crecido es la BS, destinada al consumo humano, que prácticamente se ha triplicado. Le sigue la biomasa reusada, con

FIGURA 7
Destinos de la PPN agrícola (en porcentaje) (a); Usos finales de la ED (b), 1961-2019



Fuente: elaboración propia.

un crecimiento del 125%, que recordemos se compone de piensos, residuos quemados y semillas. Ambas conforman la ED, que ha pasado de suponer el 30,9% del total de la PPN al 39,2% (Fig. 7a). Es decir, en el modelo actual más de un tercio de la PPN es

utilizada directa o indirectamente por la sociedad. En cambio, la biomasa no cosechada ha pasado de suponer el 51,9% al 44,1%. Así, aunque la biomasa reciclada aumenta un 86%, su peso relativo sobre la biomasa total disminuye del 64,5% al 57,8%. La biomasa acumulada comenzó representando un 17,3%, después llegó a suponer un cuarto de la PPN en los ochenta y noventa. Finalmente, se ha mantenido en un porcentaje considerable, en torno al 17%, similar al inicio, por la importancia de los cultivos leñosos en el país.

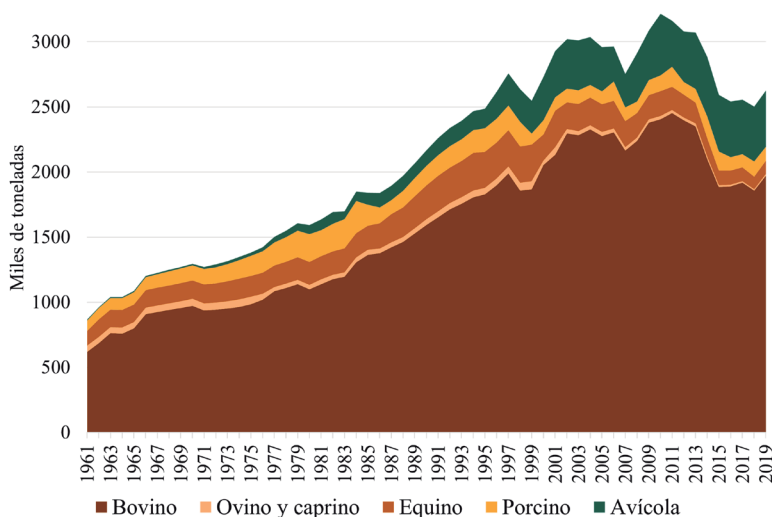
Si descomponemos la ED según el destino final (Fig. 7b), podemos advertir los cambios en la funcionalidad de la agricultura. En líneas generales, han aumentado casi todos los usos de la biomasa extraída. El incremento más pronunciado lo encontramos en la cantidad dirigida al comercio exterior, que se ha multiplicado por siete. Esto se debe al fomento de los cultivos de exportación tradicionales, pero también a que una porción cada vez mayor de otros cultivos se está yendo fuera. En consecuencia, si en 1961 las exportaciones representaban el 8,2% de la ED, en 2019 ya había ascendido al 20,8%, y sobre la BS han acabado representando nada más y nada menos que un tercio.

Respecto a la biomasa extraída para el consumo doméstico, la que más ha crecido en términos absolutos es la destinada a satisfacer necesidades humanas, que entre 1961-2019 se ha incrementado en 2,6 Mt MS (143%). Tanto los alimentos como el uso industrial han tendido a crecer, pero generalmente la industria se ha impuesto como destino. Durante el ciclo desarrollista (1961-1981) llegó a suponer un 28% de promedio sobre la ED, mientras que los alimentos representaban el 20,6%. En los ochenta y noventa se equiparan en torno al 25%, pero en el siglo XXI se vuelven a diferenciar, acaparando la industria el 24,4% de la biomasa extraída, y el mercado de alimentos el 19,1%. Esto es consonante con la evolución de los cultivos industriales evaluada anteriormente. Si se desagrega el destino industrial, la Figura 7b ilustra cómo el uso alimentario destaca frente al no alimentario, cuyo auge se concentró entre 2001 y 2008, con un valor promedio de 943,8 Kt MS. Justamente coincidió con el impulso de los biocombustibles, que acabó decayendo con la crisis internacional. La industria alimentaria creció hasta 1980, destinándose 1,45 Mt MS a este sector. Entonces sufrió un descalabro hasta 1983, para después volver a crecer, aunque hasta 2001 no superó los valores máximos anteriores. Entre 1983 y 2015 se incrementó un 164%, llegando a su cénit con 2,05 Mt MS.

De la biomasa reusada, el componente más importante ha sido el pienso, que supone más de una cuarta parte de la ED en la mayoría de los años, siendo su principal destino promedio, en tanto que los residuos quemados se mantienen en torno al 12% y las semillas al 1%. El destino animal ha pasado de apropiarse 1,3 a 3,3 Mt MS, con una subida relativa del 158%, mayor incluso que la del destino humano. No obstante, la

evolución de los piensos ha sido bastante irregular, dependiendo tanto de los cambios en la cabaña ganadera y su dieta como de la importación de piensos, lo que se analiza en el siguiente apartado. Los animales que más han influido son los monogástricos, ya que los rumiantes se alimentan fundamentalmente de pasto. Durante las primeras décadas, en los monogástricos predominaba el ganado porcino, que acabó decayendo en 1999. La avicultura, que venía aumentando desde el inicio, le ha tomado el relevo, al dispararse en 1995 (Fig. 8). Es más, ha sido el animal con mayor crecimiento, multiplicándose por 58. Esto refleja la importancia creciente de las aves en la dieta de la población en comparación al resto de las especies, cuyo peso ha decaído. Específicamente, ha crecido la avicultura industrial, que ya representaba el 88% del peso vivo de las aves en 2019. Esto ha compensado parcialmente la reducción de la ganadería, cuya tendencia creciente se revirtió a partir del 2010. La causa principal es la caída del ganado bovino, cuya dinámica ha influido más en la extensificación e intensificación de los pastos analizadas previamente que no en los piensos.

FIGURA 8
Cabaña ganadera en peso vivo, 1961-2019

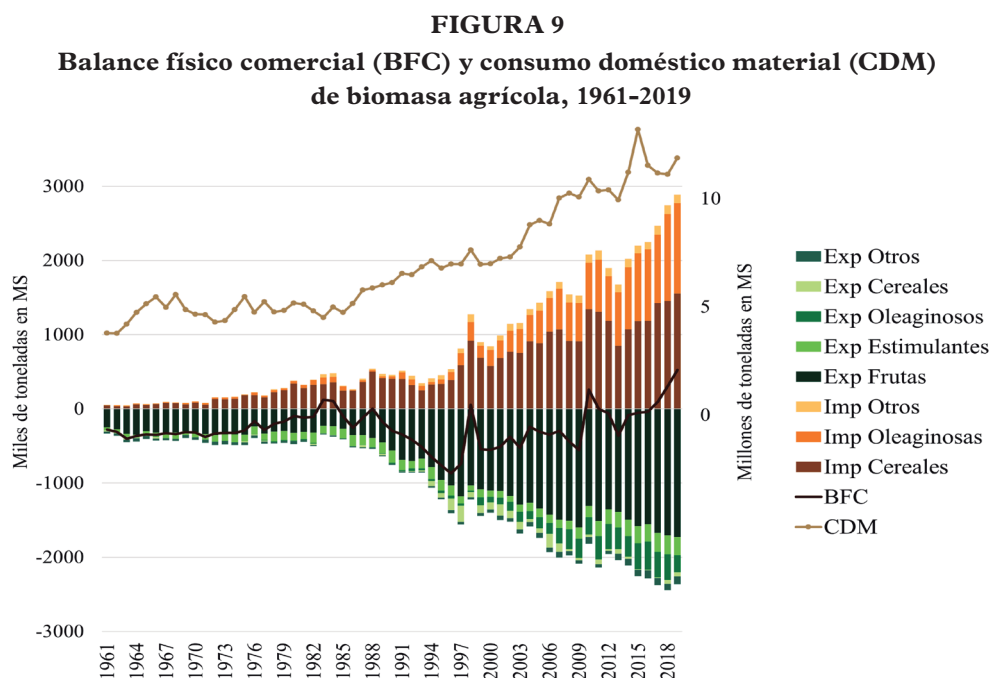


Fuente: elaboración propia basada en FAOSTAT.

3.4. Comercio internacional y consumo doméstico

Por último, como se ha anticipado, ha habido un aumento de las exportaciones en unidades físicas, esto es, cada vez más flujos se van fuera no solo de los agroecosistemas,

sino también del país. La Figura 9 revela que, de igual manera, se han incrementado los flujos de entrada provenientes del mercado internacional por lo que el perfil metabólico ha aumentado en ambos sentidos. No obstante, en términos generales el balance físico del comercio ha sido eminentemente negativo, es decir, Ecuador ha sido un exportador neto de biomasa. Durante el ciclo desarrollista, las exportaciones fueron cuatro veces mayores que las importaciones, con un BFC promedio de -306,7 t MS. La caída de la producción a inicios de los ochenta contrajo las exportaciones, para retomar después un crecimiento más o menos constante. Entre 1983 y 2019 las exportaciones han ascendido un 586% (2 Mt MS). Del otro lado, el aumento de las importaciones no destacó hasta final de los noventa, de manera que el momento de mayor déficit lo encontramos en 1996, con un saldo negativo de -869,8 t MS. Desde entonces, las importaciones se han quintuplicado, aumentando en 2,4 Mt MS. De este modo, la pauta en las dos últimas décadas ha sido de reducción del déficit biofísico de la balanza comercial, hasta finalmente convertirse Ecuador en importador neto de biomasa desde 2017 (Fig. 9).



Fuente: elaboración propia basada en FAOSTAT.

Las exportaciones han consistido históricamente en el comercio de frutas, mayormente banano, y en menor medida de estimulantes. Desde mitad de los noventa, también se incrementa la salida de otros productos, como arroz y maíz hasta 2007, otras frutas

tropicales o azúcar, entre otros. A partir de 1998 se añaden con fuerza los productos oleaginosos, principalmente el aceite de palma. En contraposición, las importaciones han estado dominadas por los cereales, principalmente trigo y derivados, por lo que la caída en la producción cerealística nacional se trató de compensar con el mercado internacional, lo que apenas sucede en raíces, tubérculos o legumbres. También fue importante la entrada de maíz entre 1998 y 2011 para abastecer la industria de balanceados, con la paradoja de que también se exportase. El segundo grupo predominante son las oleaginosas, que han venido creciendo desde mitad de los noventa. Nos referimos ante todo a tortas de soja para alimentación animal y, en menor cantidad, aceite. Por lo tanto, la dieta basada en un mayor consumo de proteína animal ha generado cambios tanto en la extracción como en el comercio, constituyéndose así el destino animal como un importante atractor de biomasa importada.

Por último, la Figura 9 incluye el consumo material agrícola total, que denota los cambios en las dinámicas productivas y en las relaciones comerciales. El CDM comenzó creciendo hasta 1968, pasando de 3,8 a 5,6 Mt MS. Después sufrió un repliegue hasta 1983 por la caída en la PPN y se mantuvo en torno a 4,8 millones. A partir de entonces, la tendencia ha sido a elevarse, en especial hasta 1998, con un incremento del 69,1%. Tras un leve estancamiento, se aceleró entre 2002 y 2015 (80,4%), cuando en Ecuador llegó a consumirse 13,2 Mt MS. Este aumento en el consumo de biomasa se debe principalmente al incremento de la extracción a nivel doméstico, pero también de manera creciente a las importaciones, que han pasado de representar el 1,5% del CDM en los sesenta al 20% en la última década.

4. DISCUSIÓN

4.1. Flujos y fondos: una aproximación a la sostenibilidad agraria

La relación metabólica se puede considerar sostenible si el manejo de los agroecosistemas es capaz de mantener la producción de biomasa a largo plazo sin deteriorar los bienes fondo (Guzmán *et al.*, 2018). El proceso de industrialización de la agricultura de Ecuador ha incrementado los niveles de insustentabilidad al deteriorar su capacidad de prestar servicios ecosistémicos, entre ellos el servicio de provisión de biomasa con fines agroecosistémicos. Como ha ocurrido en otros muchos países, Ecuador ha seguido una pauta típica de sustitución de ciertos flujos orgánicos internos por flujos externos inorgánicos, que han sostenido la intensificación y la especialización productivas. Una parte creciente de la PPN de los cultivos, que han adquirido cada vez más importancia, se ha destinado a los mercados, en detrimento de la biomasa disponible para el resto de

las especies y para mantener la fertilidad edáfica. Esto ha menoscabado la capacidad productiva y reproductiva de los agroecosistemas, sobre todo de los cultivos básicos, lo que habría favorecido la caída de su rendimiento. La sustitución de los circuitos internos por insumos externos se ha puesto de manifiesto, por ejemplo, en el declive de las leguminosas, un fijador natural de nitrógeno característico de la agricultura de base orgánica. Al final del período, la superficie cultivada de las legumbres ha sido tres veces menor que al inicio, y la PPN casi cuatro veces menor. Del mismo modo, ha disminuido la integración agroganadera, lo que ha reducido el reciclaje de nutrientes dentro de los agroecosistemas. Una muestra de ello es la especialización en pastos y en ganadería bovina para alimentación en vez de para trabajo, como contraparte de la mecanización. Según el INEC (2018), el empleo del tractor es ya mayoritario (46,7%) frente al tradicional uso de la tracción animal, utilizada solo en el 14,4% de la población agraria. Ello explica también la disminución de los equinos como animales de labor, que prácticamente se han reducido a la mitad desde su punto álgido en 1984 hasta 2019.

El correlato ha sido el aumento de los insumos externos, que en este caso tiene un doble sentido, ya que provienen de fuera del agroecosistema y en gran medida del país. Respecto de los insumos químicos, se ha comprobado el vertiginoso aumento de las últimas tres décadas al multiplicarse por 31 el uso de pesticidas y por 34 el de fertilizantes, siendo el 99,5% importados (Llive, 2016). El bajo peso de la producción de semillas también permite entender el incremento en su importación, que entre 2000 y 2015 se quintuplicó (Lasso, 2018: 26). Estos cambios tecnológicos explican que, pese a la contracción de la superficie agraria del cambio de siglo, la producción haya seguido una tendencia creciente.

Otros flujos protagonistas han sido los piensos. El aumento del maíz en la producción y de la soja en la importación refleja el cambio de dieta derivado de la industrialización ganadera, pues son los compuestos básicos de los piensos procesados. Los animales monogástricos han pasado de alimentarse de restos orgánicos locales a depender cada vez más de piensos externos. De hecho, los productos con destino animal llegaron a representar el 38% de las importaciones en 2019, lo que convirtió a Ecuador en importador neto de biomasa agrícola. El motivo es el crecimiento de la avicultura intensiva, que acapara el 76% de los piensos (Muñoz López, 2017). Con la producción industrial, además de desaprovecharse el potencial del estiércol como abono orgánico, se contamina (CEDENMA, 2022). Todo ello ha estimulado la competencia de recursos entre la alimentación humana y animal, como muestra la extensión del área de cultivos forrajeros y de pastos. Entre ambos, suponen el 14,9% de la superficie continental y el 64,4% de la agraria. Los impactos no pueden considerarse positivos, pues el uso de los

pastos excede en un 43% la superficie apta para tal fin, ocupando tierras con vocación agrícola o forestal (Naranjo, 2011: 259).

Todo ello ha contribuido al deterioro del bien fondo tierra, puesto que la mitad del suelo cultivable sufre erosión y presenta niveles bajos de materia orgánica y fertilidad (Castro *et al.*, 2022; Naranjo, 2011: 164; Santillana *et al.*, 2016: 272). Asimismo, la intensificación ha generado contaminación del agua y pérdida de biodiversidad funcional (Bravo, 2024: 74). La agricultura industrial se caracteriza también por su vulnerabilidad climática, como reflejan las caídas pronunciadas del final de la serie, influenciadas por la mayor frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos, que afectan a las cosechas y contribuyen a degradar aún más el suelo (Guamán & Flores, 2023). A esto se añade el deterioro del entorno natural, con una degradación del suelo que afecta a aproximadamente un 33% del Ecuador continental (Segarra, 2017: 39). Además, la pérdida de ecosistemas como bosques y páramos impacta negativamente en el ciclo hidrológico, del carbono y en la biodiversidad (Hofstede *et al.*, 2023). Adicionalmente, una consecuencia indirecta ha sido el aumento del pastizal no manejado, pues tras la deforestación, degradación y abandono del suelo agropecuario resulta más difícil la regeneración forestal natural, extendiéndose especies herbáceas y arbustivas de manera espontánea, incluso algunas invasoras (Knoke *et al.*, 2014; Lanly, 1982).

Aunque se ha generalizado el uso de insumos externos, un 40% de las pequeñas explotaciones y un 34% en las medianas no utilizan fertilizantes químicos, en tanto que el 95% de las grandes sí que los emplea (Naranjo, 2011: 210). Esto refleja que la industrialización ha sido un proceso de carácter dual, que deberá ser abordado en futuros trabajos. Asimismo, una parte importante de la PPN todavía se mantiene en el agroecosistema gracias al reciclaje de residuos y la acumulación en los cultivos leñosos, erigiéndose los paisajes agroforestales en una estrategia importante para captar carbono y combatir el cambio climático. Además, la ganadería de rumiantes sigue siendo mayoritariamente extensiva y vinculada al territorio (FAO, 2017), aunque para evitar los costes ambientales mencionados haría falta una mayor integración agrosilvopastoril (Valdés *et al.*, 2024).

4.2. Motores del cambio agrario

El ritmo y naturaleza del cambio de modelo han dependido de factores políticos internos y de presiones externas (Picado, 2022: 17). Como revela Chiriboga (1984), durante el periodo desarrollista (1960-1981) se promovió la «modernización» del país, que incluía la industrialización por sustitución de importaciones (ISI) y la revolución verde. Sin

embargo, es en los setenta cuando los indicadores muestran mayores cambios, a causa del *boom* petrolero (1972-1982), que sirvió para financiar dichas políticas. Esto explica el incremento en el uso de insumos químicos en esta década, concentrado mayormente en las medianas y grandes explotaciones donde se focalizó el apoyo público (Chiriboga, 1984). Aunque no fue una fase de crecimiento agrícola, hubo cambios importantes en la composición de los agroecosistemas que reflejan modificaciones en la funcionalidad del ámbito agrario. En la Costa, la producción pasó de orientarse principalmente a las exportaciones tradicionales a inclinarse hacia la agroindustria, y en la Sierra, del autoabastecimiento de alimentos básicos a la ganadería.

La ganaderización vino motivada por la segunda reforma agraria (1973), que incluyó la ineficiencia productiva como causa de expropiación. Según Vos (1988), la expansión de los pastos fue la estrategia de los terratenientes para mantener el control de la tierra con menor coste y esfuerzo, lo que explica su predominio frente a los cultivos. Otro factor fue la creciente demanda de los sectores de mayor capacidad adquisitiva, sobre todo urbanos, junto a los productos agroindustriales, promovidos además con la ISI. Asimismo, estos cambios afectaron al comercio internacional. La reducción de los productos básicos fue aparejada al aumento en la importación de cereales provenientes de Estados Unidos, rasgo distintivo del régimen alimentario intensivo (de Janvry citado en McMichael, 2015: 59). Sin embargo, aunque se redujo el déficit biofísico, Ecuador mantuvo un perfil exportador neto.

La industrialización no es un fenómeno lineal, sino que está marcado por avances y retrocesos (González de Molina *et al.*, 2019: 54). En Ecuador, la llamada década perdida de los ochenta sirvió de transición hacia el neoliberalismo. El inicio fue la crisis de la deuda externa de 1982, agravada por el fenómeno del Niño de 1982-1983 (Larrea, 2006: 105), que se materializó en una caída de la PPN y de las exportaciones. A continuación, comenzó un crecimiento productivo, debido fundamentalmente a la colonización de nuevas tierras, motivada por el insuficiente reparto de las reformas (Gondard & Mazurek, 2001: 23). El incremento impulsó la ED y el CDM, que hasta entonces se habían mantenido relativamente estables. La composición de los cultivos volvió a centrarse en la exportación y los alimentos básicos, destacando el crecimiento del arroz, que se convirtió en la base de la dieta ecuatoriana. Esto se explica por el ciclo general de desindustrialización y reprimitización, que trató de compensar el estancamiento de los flujos monetarios con las exportaciones biofísicas (Creamer, 2022; Vallejo, 2010: 18), aunque no afectó a los aceites y los piensos, pues se incrementaron tanto la palma como el maíz duro y la soja. El aumento en la exportación de productos agrícolas, sobre todo tradicionales, y las políticas proteccionistas que predominaron hasta los noventa (Bravo, 2009), explican el incremento del déficit comercial biofísico.

La Ley de Desarrollo Rural (1994), de corte neoliberal, desreguló el comercio internacional y el mercado de tierras, poniendo fin al periodo de las reformas agrarias y colonización dirigida (Brassel *et al.*, 2008). Además, en 1996 Ecuador ingresó en la Organización Mundial del Comercio, principal institución del régimen alimentario corporativo (McMichael, 2015). Todo ello significó el paso de la extensificación subordinada al Estado a la intensificación subordinada al mercado. La apertura comercial implicó un incremento tanto de las exportaciones como, sobre todo, de las importaciones. El análisis ha demostrado la gran expansión de los insumos químicos y las importaciones de piensos, que favorecieron la industrialización agrícola y ganadera. Esto explica la caída productiva de la soja, que pasó a ser importada. De hecho, junto con los cereales, está detrás de la reducción del saldo biofísico. La liberalización también impulsó la exportación de productos no tradicionales y, como contrapartida, varios cultivos básicos volvieron a decaer.

La intensificación se aceleró con el cambio de siglo a raíz de la crisis finisecular¹⁰, que generó éxodo rural y abandono del campo (Martínez Valle, 2004). Se resolvió con la dolarización del país (2000), que potenció aún más las importaciones de insumos. En esta fase, el crecimiento de la producción agrícola se basó en el incremento del rendimiento, por el uso de insumos químicos y la especialización comercial en cultivos altamente productivos. Los resultados han mostrado el gran crecimiento de los cultivos flexibles, para la agroindustria (palma y caña) y la ganadería industrial (maíz duro), orientados principalmente al mercado interno; y en el caso del aceite de palma, también de manera progresiva hacia el externo, coincidiendo con el *boom* de las *commodities* (2003-2014).

Durante el ciclo progresista (2007-2017), se profundizaron las tendencias modernizadoras, pero con mayor participación estatal (Hidalgo, 2018), aunque entre 2015-2016 se rompió el patrón de crecimiento de la PPN agrícola por la crisis de las *commodities* y el impacto del fenómeno del Niño. Como balance general, pese a la constitucionalización de la soberanía alimentaria, durante este periodo decayeron aún más los cultivos básicos en favor de la industria y el mercado internacional, aunque, paradójicamente, Ecuador finalizó el periodo siendo importador neto. Esto se entiende por el mayor consumo de proteínas de origen animal –sobre todo aviar–, carbohidratos y aceites (Lasso, 2018: 25), siendo esta dieta más dependiente del comercio exterior. Según Ramos *et al.* (2017), el 71,1% de la ingesta calórica en 2011 provino tan solo del arroz, trigo, aceites y azúcar; mientras que el consumo de las legumbres, frutas, raíces y tubérculos, en kcal per cápita, disminuyó entre cuatro y cinco veces entre 1961-2011.

10. Confluyeron el fenómeno del Niño (1997-1998), la caída en los precios del petróleo (1998) y la crisis financiera (1999) (LARREA, 2006: 107-108).

4.3. La industrialización en perspectiva comparada

El inicio fue similar al de la región, multiplicándose por 2,9 el uso de fertilizantes entre 1965 y 1975 (Gomes & Pérez, 1980: 131) y en Ecuador por 2,7. En ambos casos estuvo concentrado en las explotaciones de mayor tamaño, para el comercio exterior o la agroindustria. La particularidad ecuatoriana radica en el estancamiento de los ochenta, a diferencia de otros países como Colombia, donde el crecimiento fue más sostenido (Urrego-Mesa, 2021). Por consiguiente, la transición puede considerarse irregular y tardía, teniendo en cuenta que el mayor incremento en el consumo de insumos químicos se ha producido con el cambio de siglo, justo cuando en los países industrializados se ha desacelerado o incluso decrecido (Lassaleta *et al.*, 2014; Pellegrini & Fernández, 2018), pero también intensa, pues Ecuador es el tercer país de Latinoamérica con mayor uso de pesticidas por hectárea, tras Costa Rica y Colombia (Bravo, 2024: 78). Además, se encuentra por encima de la media regional en la aplicación de fertilizantes de síntesis por hectárea, lo que según Reyes y Cortés (2017) puede deberse a que la menor extensión territorial promueve un uso más intensivo.

En cuanto a la especialización productiva, al igual que en el resto de Latinoamérica, los pastos para ganadería extensiva han tenido un mayor peso que los cultivos (OCDE/FAO, 2019). A su vez, en la composición de los cultivos ha predominado la producción comercial en todo el periodo. Los productos de exportación tradicionales han logrado mantener su importancia socioecológica hasta la actualidad, vía extensificación (cacao) o intensificación (banano). A diferencia del café en Colombia o Costa Rica, que acabó decayendo, aunque no tan drásticamente como en Ecuador (Infante-Amate & Picado, 2018; Urrego-Mesa, 2021: 42). Esto se ha combinado con el crecimiento más reciente de los cultivos industriales. La palma y la caña se han expandido también en otros países andinos, centroamericanos y en grandes países como Brasil y México, mientras que el maíz y especialmente la soja se han concentrado más en el Cono Sur. Ecuador también comparte el crecimiento de los productos hortofrutícolas con demanda internacional, general en la zona andina (Rubio, 2018).

La diferencia en el ritmo de la intensificación, la especialización en cultivos tropicales de gran rendimiento y el comercio permiten entender las disparidades regionales en la extracción agrícola. Por ejemplo, la ED de España se estancó a comienzos de los años noventa, aunque el consumo siguió creciendo sostenido por el mercado internacional (González de Molina *et al.*, 2019: 280), mientras que en Colombia y Ecuador la tendencia ha sido al alza, tanto en la extracción como en el consumo (Urrego-Mesa,

2021: 44-45). El carácter dependiente respecto al norte se infiere en que, además de ser el origen de las tecnologías industriales, es el principal destino de las exportaciones alimentarias ecuatorianas (Ramos *et al.*, 2017: 6). Además, desagregar la ED ha permitido conocer con mayor precisión el impacto del mercado internacional, considerado el principal factor de cambio, lo que en el caso de Ecuador ha dependido del ciclo político-económico. Por lo general, ha destacado más el consumo interno, fuera para industria, ganadería o alimentación, hasta que más recientemente el comercio exterior ha ganado peso como destino de la ED, coincidiendo con el incremento global en la producción y el comercio agrícolas desde los noventa y su aceleración en 2002 (Krausmann & Langthaler, 2019: 93).

La otra cara de la tendencia hacia el agroextractivismo ha sido el crecimiento de las importaciones. Sin embargo, Ecuador, al igual que Chile y Bolivia, presenta una menor dependencia alimentaria en comparación con otros países latinoamericanos (Rubio, 2018: 35-36) debido al papel que han jugado las políticas proteccionistas en el país (Chiriboga *et al.*, 2010: 93). La especialización también ha afectado al consumo, como se advierte en la pérdida de importancia de alimentos básicos como legumbres, raíces y tubérculos, un rasgo común en la región, también compartido con España (González de Molina *et al.*, 2019: 295; Rubio, 2018: 41-42). Todo ello ha repercutido negativamente en la dieta ecuatoriana, que se ha simplificado y homogeneizado con los patrones globales, caracterizados por la ingesta de calorías vacías (aceites, azúcares y grasas refinadas), carnes y alimentos procesados (Tilman & Clark, 2014).

Como impactos ambientales de la industrialización, el resultado es el mismo que el de otros estudios metabólicos latinoamericanos o europeos: una menor recirculación de los flujos de biomasa y una mayor dependencia de flujos externos, es decir, una menor sostenibilidad. Una diferencia con casos del norte como el español (González de Molina *et al.*, 2019: 227) es la mayor acumulación de biomasa en las tierras agrícolas, por la importancia de los cultivos leñosos en los agroecosistemas tropicales. Por último, Ecuador también ejemplifica la tendencia regional a la deforestación, aunque se haya intensificado el manejo agrario, ya que depende también de otros factores como el avance de la frontera petrolera y minera, del suelo urbano y de las infraestructuras (Kleemann *et al.*, 2022). En esto se diferencia de los países industrializados, especialmente en Europa, donde se recuperó la superficie boscosa con la pérdida de superficie agraria (Krausmann & Langthaler, 2019: 93), incluyendo el declive de los pastizales. Esto significa que la deforestación en realidad se ha trasladado a otras latitudes a través del comercio externo, sobre todo a Latinoamérica (Soto *et al.*, 2016: 137).

5. CONCLUSIONES

En este artículo se ha analizado cuándo, cómo y por qué se ha producido la industrialización agraria en Ecuador. La transición sociometabólica ha respondido a procesos globales y regionales, como los cambios en los regímenes alimentarios, pero estos fenómenos se han materializado de una manera específica según las dinámicas internas del país, con hitos identificables en forma de crisis y cambios políticos. Por ello, la intensificación puede caracterizarse como tardía en comparación con el norte global y otros casos latinoamericanos, y a la vez acelerada, dado el ritmo observado en las últimas dos décadas del estudio. Podemos concluir que el cambio de modelo ha resultado en un crecimiento del perfil metabólico de la agricultura, en vistas del incremento en los flujos de salida, tanto del agroecosistema (extracción doméstica) como del mercado nacional (exportaciones). Asimismo, se han incrementado los flujos de entrada en forma de insumos externos e importaciones. Esto ha conllevado una creciente desconexión espacial entre el consumo y los impactos ambientales de la producción, como son el deterioro de la tierra agrícola y de los ecosistemas de su entorno, sobre todo bosques, lo que contrasta con la transición forestal del norte.

La homogeneización de los agroecosistemas, motivada por la concentración de la capacidad fotosintética en monocultivos comerciales y pastos, se ha traducido en una simplificación de la dieta. Así pues, la causa de la intensificación no ha sido garantizar el derecho a la alimentación, pues bajo el sistema alimentario neoliberal la biomasa agrícola se ha destinado principalmente a la ganadería, la exportación, la agroindustria, y en último lugar, a la canasta básica. En definitiva, este análisis biofísico ofrece una base empírica e histórica para comprender la revolución verde no como el camino hacia el «desarrollo», sino hacia la insostenibilidad agraria y la desigualdad norte-sur. Para que la agricultura deje de ser una causa de la crisis ambiental y contribuya a su solución, es necesario revertir las tendencias negativas identificadas. Esto implica relocalizar de nuevo los flujos, aprovechando las potencialidades socioecológicas del país en consonancia con los debates actuales sobre la transición agroecológica.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha realizado gracias a la financiación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades para la Formación de Profesorado Universitario (FPU18/02315), a las ayudas complementarias para las estancias internacionales realizadas en el Institute of Social Ecology de Viena y en FLACSO sede Ecuador, y al pro-

yecto de generación de conocimiento PID2021-123129NB-C42 del Plan Nacional de I+D de dicho Ministerio. Asimismo, se agradece de manera especial a las dos personas revisoras anónimas por sus valiosas apreciaciones, que contribuyeron a la mejora de este artículo, así como a los miembros del Laboratorio de Historia de los Agroecosistemas y a Álex Urrego por sus orientaciones metodológicas.

REFERENCIAS

- ALTIERI, Miguel A. & TOLEDO, Víctor M. (2011). The Agroecological Revolution in Latin America: Rescuing Nature, Ensuring Food Sovereignty and Empowering Peasants. *The Journal of Peasant Studies*, 38(3), 587-612. <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>
- ÁVILA MACÍAS, Jennifer P. (2021). *Aprovechamiento de residuos de caña de azúcar (Saccharum officinarum) y generación de ingresos de los productores, Cantón 24 de Mayo*. Tesis de grado. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Banco Mundial (1993). *Pesticide Usage in the Latin American and Caribbean Region 9: Ecuador*. Banco Mundial.
- BARRAGÁN ROMERO, Claudia P. (2019). *Procesos metabólicos que sustentan los elementos fondos biofísicos de agroecosistemas hortícolas*. Tesis de máster. Universidad Internacional de Andalucía.
- BRASSEL, Frank, HERRERA, Stalin & LAFORGE, Michel (2008). *¿Reforma agraria en el Ecuador?: Viejos temas, nuevos argumentos*. Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador.
- BRAVO, Elizabeth (2024). *Un retrato del agronegocio en el Ecuador: Degradación ambiental, acumulación y control de la producción agrícola y alimentaria*. Acción Ecológica.
- BRAVO ROBLES, Ana L. (2009). *Análisis de las políticas agrícolas aplicadas en el Ecuador en los noventa desde la perspectiva de la soberanía alimentaria*. Tesis de maestría. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- CARBO PINCAY, Lisseth T. (2024). *Revisión de diferentes partes vegetales del banano (Musa AAA) como alternativa para la aplicación de productos biodegradables en el Ecuador*. Tesis de grado. Universidad Técnica de Babahoyo.
- CASTRO MURILLO, Cristóbal, MORALES PÉREZ, Milagros, CASTELLANOS DORADO, Rosa M., PACHECO FERIA, Ulises & MACÍA QUINTOSA, Tania (2022). Evaluación de la sustentabilidad de la autosuficiencia alimentaria sostenible en Esmeraldas, Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 14(4), 553-564.
- CEDENO JEREZ, Lelis S. (2019). *Rendimiento de la canal de pollos broilers de la línea Cobb 500 con diferentes sistemas de manejo en la época de invierno en Ecuador*. Tesis de grado. Universidad Técnica de Babahoyo.

- CHIRIBOGA, Manuel (1984). El Estado y las políticas hacia el sector rural (1979-1982). En Javier PONCE, Carlos JARA, Luciano MARTÍNEZ, Manuel CHIRIBOGA, Simón PACHANO & Luis VERDESOTO (Eds.), *Ecuador agrario: Ensayos de interpretación* (pp. 94-141). El Conejo/Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales.
- CHIRIBOGA, Manuel, VÁSQUEZ, Edwin & SOTOMAYOR, Octavio (2010). Precios agropecuarios e ingresos: El caso de tres provincias en Ecuador. *Universitas-XXI: Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, (12), 87-120. <https://doi.org/10.17163/uni.n12.2010.04>
- CLARE RHOADES, Patricia (2022). *Los sistemas productivos del Pacífico norte de Costa Rica durante el período 1500-1900: Un análisis socio ambiental*. Tesis doctoral. Universidad Pablo de Olavide.
- COORDINADORA ECUATORIANA DE ORGANIZACIONES DE DEFENSA DE LA NATURALEZA Y EL MEDIO AMBIENTE (CEDENMA) (2022). *De las inversiones del BID Invest y la CFI en las operaciones de PRONACA en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador: Fallas de las políticas y recomendaciones*. CEDENMA.
- CREAMER GUILLÉN, Claudio A. (2022). Estado e industrialización en el Ecuador, 1948-2021. *Revista del Instituto Riva-Agüero*, 7(1), 57-122. <https://doi.org/10.18800/revistaira.202201.003>
- DUCHIMAZA BORJA, David E., MOROCHO FÁREZ, Ximena S., SORIA PARRA, Manuel E. & GUEVARA VIERA, Guillermo E. (2019). El componente manejo del pastizal en la caracterización de sistemas de explotación equina en la provincia del Azuay. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 2(2), 32-42.
- EGAS, Jaime (1974). *Evaluación económica de las haciendas participantes del crédito del Banco Mundial en las zonas de Santo Domingo y Quevedo*. Vol. 15. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL (ESPOL) (2004a). *Inventario preliminar de emisiones de dioxinas y furanos (D&F) en el Ecuador: Informe final*. Global Environmental Facility/Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL (ESPOL) (2004b). *Inventario de plaguicidas COPs en el Ecuador: Informe técnico final*. Global Environmental Facility/Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- FALCONÍ, Fander, RAMOS MARTIN, Jesús & CANGO, Pedro (2017). Caloric Unequal Exchange in Latin America and the Caribbean. *Ecological Economics*, (134), 140-149. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.01.009>
- GERBER, Julien F. & SCHEIDEL, Arnim (2018). In Search of Substantive Economics: Comparing Today's Two Major Socio-metabolic Approaches to the Economy-MEFA and MuSIASEM. *Ecological Economics*, (144), 186-194. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.08.012>
- GOEBEL MCDERMOTT, Anthony & MONTERO MORA, Andrea (2022). Una Aproximación al Metabolismo Social Agrario del Espacio Productivo Especializado en Banano

- y Cacao en el Contexto de la Revolución Verde. Costa Rica (1955-1973). *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña*, 12(3), 214-254. <https://doi.org/10.32991/2237-2717.2022v12i3.p214-254>
- GOMES, Gerson & PÉREZ, Antonio (1980). El proceso de modernización de la agricultura latinoamericana: Características y breve interpretación. En Martín PIÑEIRO & Eduardo TRIGO (Eds.), *Cambio técnico en el agro latinoamericano: Situación y perspectivas en la década de 1980* (pp. 113-150). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- GÓMEZ SOTO, James A., SÁNCHEZ TORO, Óscar J. & MATA LLANA PÉREZ, Luis G. (2021). Procesos de Transformación: Perspectiva de Aprovechamiento para los Residuos de la Agroindustria del Plátano. *Producción + Limpia*, 16(1), 6-30. <https://doi.org/10.22507/pml.v16n1a1>
- GONDARD, Pierre & MAZUREK, Hubert (2001). 30 años de reforma agraria y colonización en Ecuador (1964-1994): Dinámicas espaciales. *Estudios de Geografía*, (10), 15-40.
- GONZABAY CHIRIGUAY, Bryan W. (2023). Modelo matemático de optimización alimenticia para la eficiencia productiva del ganado vacuno en el Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9162-9177. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5111
- GONZÁLEZ DE LA A, María I. (2021). *Determinación zoométrica de la cabra criolla Capra aegagrus hircus en la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena*. Tesis de grado. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- GONZÁLEZ DE MOLINA, Manuel, PETERSEN, Paulo F., GARRIDO PEÑA, Francisco & CAPORAL, Francisco R. (2021). *Introducción a la agroecología política*. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2v88fc8>
- GONZÁLEZ DE MOLINA, Manuel, SOTO FERNÁNDEZ, David, GUZMÁN CASADO, Gloria I., INFANTE-AMATE, Juan, AGUILERA, Eduardo, VILA TRAVER, Jaime & GARCÍA RUIZ, Roberto (2019). *Historia de la agricultura española desde una perspectiva biofísica (1900-2010)*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- GRIJALVA, Óscar, J. (1996). Módulo de producción de leche bajo pastoreo: Una alternativa para el desarrollo de la ganadería de leche. *Revista Informativa INIAP*, (7), 24-27.
- GUAMÁN RIVERA, Santiago A. & FLORES MANCHENO, César I. (2023). Seguridad Alimentaria y Producción Agrícola Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 2(1), 1-20. <https://doi.org/10.69484/rcz/v2/n1/35>
- GUDYNAS, Eduardo (2018). Extractivisms: Tendencias and Consequences. En Ronaldo MUNCK & Raúl DELGADO WISE (Eds.), *Reframing Latin American Development* (pp. 61-76). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315170084-4>
- GUEVARA PALACIOS, Mauro I. (2018). *Caracterización de la gallina criolla y de sus sistemas de producción en dos cantones de la provincia de Chimborazo, Ecuador*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina.

- GUZMÁN CASADO, Gloria I. & GONZÁLEZ DE MOLINA, Manuel (Eds.) (2017). *Energy in Agroecosystems: A Tool for Assessing Sustainability*. CRC Press/Taylor & Francis Group.
- GUZMÁN CASADO, Gloria I., AGUILERA, Eduardo, GARCÍA-RUIZ, Roberto, TORREMOCHA, Eva, SOTO FERNÁNDEZ, David, INFANTE-AMATE, Juan & GONZÁLEZ DE MOLINA, Manuel G. (2018). The Agrarian Metabolism as a Tool for Assessing Agrarian Sustainability, and Its Application to Spanish Agriculture (1960-2008). *Ecology and Society*, 23(1). <https://doi.org/10.5751/ES-09773-230102>
- GUZMÁN CASADO, Gloria I., AGUILERA, Eduardo, SOTO FERNÁNDEZ, David, CID, Antonio, INFANTE-AMATE, Juan, GARCÍA RUIZ, Roberto, HERRERA, Antonio, VILLA, Inma & GONZÁLEZ DE MOLINA, Manuel (2014). Methodology and Conversion Factors to estimate the Net Primary Productivity of Historical and Contemporary Agroecosystems. *Documentos de trabajo de la Sociedad de Estudios de Historia Agraria*, (1407).
- HIDALGO FLOR, Francisco (2018). Desarrollismo y fase de commodities: La agricultura de Ecuador en la crisis capitalista. En Blanca RUBIO (Ed.), *América Latina en la mirada: Las transformaciones rurales en la transición capitalista* (pp. 289-315). Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto de Investigaciones Sociales.
- HOFSTEDE, Robert, MENA-VÁSCONEZ, Patricio & SUÁREZ ROBALINO, Esteban (Eds.) (2023). *Los páramos del Ecuador: Pasado, presente y futuro*. Universidad San Francisco de Quito Press. <https://doi.org/10.18272/USFQPRESS.71>
- INEC (2018). *Módulo de tecnificación agropecuaria: Principales resultados 2017*. INEC. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Informacion_ambiental_en_la_agricultura/2017/Principales_resultados_2017.pdf
- INEC (2019). *Manual del Encuestador, Supervisor, Digitador. ESPAC 2019*. INEC. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/MANUAL%20ESPAC%202019.pdf
- INFANTE-AMATE, Juan & PICADO, Wilson (2018). Energy Flows in the Coffee Plantations of Costa Rica: From Traditional to Modern Systems (1935-2010). *Regional Environmental Change*, 18(4), 1059-1071. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1263-9>
- INFANTE-AMATE, Juan, URREGO-MESA, Alexander & TELLO, Enric (2020). Las venas abiertas de América Latina en la era del Antropoceno: Un estudio biofísico del comercio exterior (1900-2016). *Diálogos: Revista electrónica de historia*, 21(2), 177-214. <https://doi.org/10.15517/DRE.V21I2.39736>
- JARA, Carlos (1985). Las empresas transnacionales y los alimentos: La inserción externa del sistema alimentario nacional. *Ecuador Debate*, (9), 85-101.
- JUMBO BENÍTEZ, Nohemí (2015). *Caracterizaciones fenotípicas y zoométricas del Equus Asinus (Asnos) en el cantón Gonzanamá Provincia de Loja*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Loja.
- KLEEMANN, Janina, ZAMORA, Camilo, VILLACIS-CHILUISA, Alexandra B., CUENCA, Pablo, KOO, Hongmi, NOH, Jin K., FÜRST, Christine & THIEL, Michael (2022).

- Deforestation in Continental Ecuador with a Focus on Protected Areas. *Land*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/land11020268>
- KNOKE, Thomas *et al.* (2014). Afforestation or Intense Pasturing improve the Ecological and Economic Value of Abandoned Tropical Farmlands. *Nature Communications*, (5), 5612. <https://doi.org/10.1038/ncomms6612>
- KRAUSMANN, Fridolin & LANGTHALER, Ernst (2019). Food Regimes and Their Trade Links: A Socio-Ecological Perspective. *Ecological Economics*, (160), 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.02.011>
- LANLY, Jean P. (1982). *Tropical Forest Resources*. FAO
- LAROTA-AGUILERA, María J., DELGADILLO-VARGAS, Olga L. & TELLO, Enric (2022). Sociometabolic Research in Latin America: A Review on Advances and Knowledge Gaps in Agroecological Trends and Rural Perspectives. *Ecological Economics*, (193). <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107310>
- LARREA MALDONADO, Carlos (2006). *Hacia una historia ecológica del Ecuador. Propuestas para el debate*. Universidad Andina Simón Bolívar/Corporación Editora Nacional.
- LASSALETTA, Luis, BILLEN, Gilles, GRIZZETTI, Bruna, ANGLADE, Juliette & GARNIER, Josette (2014). 50 Year Trends in Nitrogen Use Efficiency of World Cropping Systems: The Relationship between Yield and Nitrogen Input to Cropland. *Environmental Research Letters*, 9(10), 105011-105019. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/105011>
- LASO, Geovanna (2018). ¿Sustentabilidad del sistema agroalimentario ecuatoriano?: Una aproximación a las estrategias de poder que producen sus patrones metabólicos. *Revista Economía*, 70(112), 13-31. <https://doi.org/10.29166/economia.v70i112.2044>
- LLIVE CONDOR, Freddy M. (2016). Vulnerabilidad y dependencia internacional de fertilizantes en el Ecuador. *Revista Tecnológica ESPOL-RTE*, 29(2), 68-88.
- MARTÍNEZ ESCOBAR, Johnny J. (2016). *Evaluación productiva de gallinas de campo de la región sierra del Ecuador*. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- MARTÍNEZ VALLE, Luciano (2004). El campesino andino y la globalización a fines de siglo (una mirada sobre el caso ecuatoriano). *Revista Europea de Estudios Latinoamericanos y del Caribe*, (77), 25-40. <https://doi.org/10.18352/erlacs.9676>
- MCKAY, Ben M., ALONSO FRADEJAS, Alberto & EZQUERRO CAÑETE, Arturo (2022). *Extractivismo agrario en América Latina*. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. <https://doi.org/10.2307/j.ctv3142tqn>
- McMICHAEL, Philip (2015). *Regímenes alimentarios y cuestiones agrarias*. Universidad Autónoma de Zacatecas/Red Internacional de Migración y Desarrollo.
- MENEZES NETO, Jayme B., CAPORAL, Francisco R. & MATTOS, Jorge L. (2023). Análise comparativa do fluxo de biomassa em sistemas de produção de cana-de-açúcar convencional e orgânico: Quantificação energética da produção primária líquida em

- uma perspectiva agroecológica. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, (62). <https://doi.org/10.5380/dma.v62i0.83476>
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA, AGENCIA ECUATORIANA PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO Y ASOCIACIÓN DE PORCICULTORES DEL ECUADOR (2011). *Memoria técnica: Censo Nacional Porcino del Ecuador Continental*. MAGAP/AGROCALIDAD/ASPE.
- MONTERO MORA, Andrea & GOEBEL MCDERMOTT, Anthony (2022). Las semillas del despojo: Transformaciones socioecológicas del espacio productivo especializado en cereales y ganadería (EPE_CG) en el contexto de la revolución verde. Costa Rica (1955-1973). *Sistema: revista de Ciencias Sociales*, (265), 105–137.
- MONTERO MORA, Andrea & GOEBEL MCDERMOTT, Anthony (2023). Socioecological Transformations at the Specialized Productive Space in Coffee and Sugarcane in the Context of the Green Revolution. Costa Rica (1955-1973). *Ecological Economics*, (208). <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107790>
- MUÑOZ LÓPEZ, Daysi L. (2017). *Estudio de la cadena de valor de alimentos balanceados en el Ecuador*. Tesis de maestría. Universidad Andina Simón Bolívar.
- NARANJO BONILLA, Mariana (2016). *La política agropecuaria ecuatoriana: Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025 (I Parte)*. MAGAP.
- OLMEDO, Washington *et al.* (2021). Caracterización morfológica del cerdo criollo Pillareño del cantón Guamote de Ecuador. *Archivos de Zootecnia*, 70(270), 160-170. <https://doi.org/10.21071/az.v70i270.5468>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO) (1961). *FAO production yearbook*. Vol. 15. FAO.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO) (2017). *Ecuador es pionero en la promoción de prácticas de Ganadería Climáticamente Inteligente*. FAO.
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (OCDE)/ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN (FAO) (2019). *Perspectivas Agrícolas 2019-2028*. OCDE/FAO. <https://doi.org/10.1787/7b2e-8ba3-es>
- PELLEGRINI, Pedro & FERNÁNDEZ, Roberto J. (2018). Crop Intensification, Land Use, and On-Farm Energy-Use Efficiency during the Worldwide Spread of the Green Revolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences-PNAS*, 115(10), 2335-2340. <https://doi.org/10.1073/pnas.1717072115>
- PICADO, Wilson (2022). Evaluating the Green Revolution Dominant Narrative for Latin America: Technology, Geopolitics, and Institutions. En Ana BARAHONA (Ed.), *Handbook of the Historiography of Latin American Studies on the Life Sciences and Medicine: Historiographies of Science* (pp. 1-19). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74723-7_14

- RAMOS MARTÍN, Jesús, FALCONÍ, Fander & CANGO, Pedro (2017). The Concept of Caloric Unequal Exchange and Its Relevance for Food System Analysis: The Ecuador Case Study. *Sustainability*, 9(11), 2068. <https://doi.org/10.3390/su9112068>
- REYES, César A., KELLER-GREIN, Gerhard & PÉREZ, Ricardo C. (1997). Experiencia Regional con Centrosema: Perú, Bolivia y Ecuador. En Rainer SCHULTZE-KRAFT, Robert J. CLEMENTS & Gerhard KELLER-GREIN (Eds.), *Centrosema: Biología, agro-nomía y utilización* (pp. 489-518). Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- REYES, Giovanni E. & CORTÉS, Julián David (2017). Intensidad en el uso de fertilizantes en América Latina y el Caribe (2006-2012). *Bioagro*, 29(1), 45-52.
- RIVERA ACURIO, Mildred, CIENFUEGOS RIVAS, Eugenia, ESPINOSA MARROQUÍN, José, ZÁRATE, Pedro, IBARRA, Martín & GARAY MARTÍNEZ, Jonathan (2013). Comportamiento forrajero de *Brachiaria decumbens* pastoreada con ovinos Pelibuey a diferentes niveles de asignación en el trópico húmedo de Ecuador. *Tsafiqui-Revista Científica en Ciencias Sociales*, 4(4), 29-39. <https://doi.org/10.29019/tsafiqui.v0i4.258>
- RUBIO, Blanca (2018). *América Latina en la mirada: Las transformaciones rurales en la transición capitalista*. Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto de Investigaciones Sociales.
- SANTILLANA, Alejandra, HERRERA, Stalin & DAZA, Esteban (2016). Tierra y territorio: Continuidad del conflicto y modelo de desarrollo en el campo. En Francisco RHON DÁVILA & Carlos PÁSTOR PAZMIÑO (Eds.), *50 años de Reforma Agraria: Cuestiones pendientes y miradas alternativas* (pp. 257-278). Universidad Andina Simón Bolívar/Ediciones La Tierra.
- SARANDÓN, Santiago J. & FLORES, Claudia C. (2014). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Universidad de La Plata.
- SAURA-GARGALLO, Laura, GUZMÁN CASADO, Gloria I. & GONZÁLEZ DE MOLINA, Manuel (2025). Metodología para estimar la Productividad Primaria Neta de agroecosistemas andinos y tropicales: Adaptación al caso de Ecuador. *Documentos de trabajo de la Sociedad de Estudios de Historia Agraria*, (2501). <http://hdl.handle.net/10256/27357>
- SEGARRA, Pool (2017). *Documento de evaluación nacional de degradación de la tierra mediante la metodología LADA-WOCAT*. FAO.
- SILVEIRA, Luciano M. (2021) *Metabolismo social agrário de um agroecossistema no Semiárido Brasileiro*. Tesis de máster. Universidad Internacional de Andalucía.
- SOTO, David, INFANTE-AMATE, Juan, GUZMÁN CASADO, Gloria I., CID, Antonio, AGUILERA, Eduardo, GARCÍA, Roberto & GONZÁLEZ DE MOLINA, Manuel (2016). The Social Metabolism of Biomass in Spain, 1900-2008: From Food to Feed-Oriented Changes in the Agro-Ecosystems. *Ecological Economics*, (128), 130-138. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.04.017>
- TELLO, Enric & GONZÁLEZ DE MOLINA, Manuel (2023). Agrarian Metabolism and Socio-ecological Transitions to Agroecology Landscapes. En Sergio VILLAMAYOR

- TOMAS & Roldan MURADIAN (Eds.), *The Barcelona School of Ecological Economics and Political Ecology: A Companion in Honour of Joan Martinez-Alier* (pp. 93-107). Springer.
- TERGAS, Luis E. (1978). Investigación y transferencia de tecnología forrajera en dos programas de desarrollo ganadero en América Latina: Ecuador y Panamá. En Luis E. TERGAS & Pedro A. SÁNCHEZ (Eds.), *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos: Trabajos presentados* (pp. 481-497). Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- TILMAN, David & CLARK, Michael (2014). Global Diets Link Environmental Sustainability and Human Health. *Nature*, 515(7528), 518-522. <https://doi.org/10.1038/nature13959>
- TORRES VINUEZA, Carlos P., GRIJALVA OLMEDO, Jorge E. & RON GARRIDO, Lenin J. (2021). Evaluación de factores de riesgo que afectan la mortalidad en pollos de engorde durante el proceso de traslado granja-planta de faenamiento en el centro norte de la región interandina. *Siembra*, 8(1). <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i1.2559>
- URREGO-MESA, Alexander (2021). *The Social Metabolism of Tropical Agriculture: Agrarian Extractivism in Colombia (1916-2016)*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
- VALDÉS SÁENZ, María A., DÍAZ VALDÉS, Katia, RODRÍGUEZ GUERRA, Yoel & HERNÁNDEZ RAMOS, Hiriam (2024). Sistemas agroforestales en la Región Amazónica Ecuatoriana. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 8587-8613. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10185
- VALLEJO, María C. (2010). *Perfiles metabólicos de tres economías andinas: Colombia, Ecuador y Perú*. Tesis doctoral. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- VOS, Rob (1988). Petróleo, estado y cambio agrario: Ecuador 1972-1984. En Pierre GONDARD, Juan B. LEÓN V. & Paola SYLVA (Eds.), *Transformaciones agrarias en el Ecuador* (pp. 15-37). CEDIG/IPGH/IGM/ORSTOM.
- YAMAGIWA, Takayoshi J. (1998). *Analysis of Policies affecting Pesticide Use in Ecuador*. Tesis de máster. Virginia Tech.
- ZARRILLI, Adrián G., KALTMEIER, Olaf, LÓPEZ SANDOVAL, María F. & PÁDUA, José A. (2024). Uso de la tierra: Introducción: Periodo 1950-Hoy. En Olaf KALTMEIER, María F. LÓPEZ SANDOVAL, José A. PÁDUA & Adrián G. ZARRILLI (Eds.), *El Antropoceno como crisis múltiple: Perspectivas desde América Latina* (vol. 1, pp. 427-434). CLACSO/CALAS.