De la *chakra* ancestral a la *Chakra 4.0*: innovación intercultural para la sostenibilidad de la Amazonía ecuatoriana

From the ancestral *Chakra* to *Chakra* 4.0: Intercultural innovation for the sustainability of the Ecuadorian Amazon

Wilfredo Franco [1*]

[1] Grupo de Ecosistemas Terrestres y Cambio Global, *Universidad Regional Amazónica Ikiam, Km 7, vía Tena - Muyuna, Napo, Ecuador* https://ror.org/05xedqd83

✉ wilfredo.franco@ikiam.edu.ec | ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5447-4234
E-mail de correspondencia: wilfredo.franco@ikiam.edu.ec

Serie Monográfica
Glebe.
e-ISSN: 3103-1234
Vol. 2(3) septiembre - diciembre 2026

Obra colectiva
Chakra 4.0 y bioeconomía: Las bases del desarrollo sostenible en la Amazonía Ecuatoriana
ISBN de la obra completa: 978-9907-9552-7-9
DOI de la obra
https://doi.org/10.63804/gb.v2i3

Editores académicos del volumen
Wilfredo Franco; Zulay Niño Ruiz.
Universidad Regional Amazónica Ikiam, Ecuador.

Proceso de evaluación
Este capítulo forma parte de una obra colectiva sometida en su totalidad a revisión por pares doble ciego por dos revisores externos e independientes.

Como citar este capítulo
Franco, W. (2026). De la *chakra* ancestral a la *Chakra* 4.0: innovación intercultural para la sostenibilidad de la Amazonía ecuatoriana. En W. Franco & Z. Niño Ruiz (Eds.), *Chakra 4.0 y bioeconomía: Las bases del desarrollo sostenible en la Amazonía ecuatoriana* (Glebe, Vol. 2, Núm. 3, Cap. I, e1). Editorial Unión Científica.
https://doi.org/10.63804/gb.v2i3.e1

Copyright
© **2026 Los autores**. Este capítulo forma parte de un libro publicado en acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0), que permite su uso, distribución y adaptación con fines no comerciales, siempre que se otorgue la debida atribución, se indique cualquier modificación realizada y las obras derivadas se distribuyan bajo la misma licencia.

Recibido: 11 de marzo de 2026
Revisado: 20 de julio de 2026
Aceptado: 25 de julio de 2026
Publicado: 18 de noviembre de 2026

Responsable editorial
Editorial Unión Científica.
Ambato, Ecuador
https://libros.editorialunioncientifica.com/

Resumen

La Amazonía constituye un territorio estratégico por su biodiversidad, su función en la regulación climática, el almacenamiento de carbono y la provisión de recursos hídricos. También representa un espacio históricamente habitado y transformado por sociedades humanas desde el Holoceno. Evidencias arqueológicas y paleoecológicas demuestran ocupaciones de al menos 10.000 años y procesos tempranos de domesticación de cultivos como yuca, maíz, chonta, ají y piña, lo que confirma una interacción prolongada entre naturaleza y cultura. Entre los sistemas desarrollados destaca la *Chakra*, modelo agroforestal ancestral de los pueblos amazónicos basado en policultivos que integran alimentos, plantas medicinales, frutales y especies forestales. Además de garantizar sustento e ingresos, expresa una relación de reciprocidad entre comunidad y ambiente, favorece la regeneración del bosque y fortalece la resiliencia ecológica. Desde mediados del siglo XX, la colonización interna, la explotación petrolera, la expansión agropecuaria, la urbanización y la minería han intensificado la deforestación, la contaminación, la fragmentación de hábitats y la pérdida de conocimientos tradicionales. Asimismo, los monocultivos dependientes de agroquímicos han sustituido bosques y sistemas productivos diversificados. Frente a este escenario, se propone una bioeconomía amazónica basada en el uso sostenible de la biodiversidad, la agregación de valor local y el fortalecimiento comunitario. En este marco surge la *Chakra* 4.0, que articula saberes ancestrales con ciencia, tecnología apropiada, innovación agroecológica, energías limpias, transformación de productos, mercados diferenciados y gobernanza participativa. Esta propuesta busca mejorar los ingresos, conservar los ecosistemas y fortalecer la identidad cultural mediante un modelo de desarrollo competitivo, equitativo y ambientalmente sostenible para la Amazonía ecuatoriana.

Palabras clave: bioeconomía amazónica; *Chakra* 4.0; sostenibilidad socioambiental; territorios indígenas; transformación del paisaje.

Abstract

The Amazon constitutes a strategic territory because of its biodiversity, its role in climate regulation, its carbon storage capacity, and its provision of water resources. It also represents a region that has been inhabited and transformed by human societies since the Holocene. Archaeological and paleoecological evidence indicates human occupation dating back at least 10,000 years, as well as early processes of crop domestication involving cassava, maize, peach palm, chili pepper, and pineapple. These findings confirm a long-standing interaction between nature and culture. Among the systems developed in this region, the *Chakra* stands out as an ancestral agroforestry model practiced by Amazonian peoples and based on diversified polycultures that integrate food crops, medicinal plants, fruit trees, and forest species. In addition to providing livelihoods and income, the *Chakra* embodies a reciprocal relationship between communities and the environment, promotes forest regeneration, and strengthens ecological resilience. Since the mid-twentieth century, internal colonization, oil extraction, agricultural expansion, urbanization, and mining have intensified deforestation, environmental pollution, habitat fragmentation, and the loss of traditional knowledge. Likewise, agrochemical-dependent monocultures have replaced forests and diversified production systems. In response to this scenario, an Amazonian bioeconomy is proposed based on the sustainable use of biodiversity, local value addition, and community strengthening. Within this framework, *Chakra 4.0* emerges as a model that integrates ancestral knowledge with science, appropriate technology, agroecological innovation, clean energy, product processing, differentiated markets, and participatory governance. This proposal seeks to improve incomes, conserve ecosystems, and strengthen cultural identity through a competitive, equitable, and environmentally sustainable development model for the Ecuadorian Amazon.

Keywords: Amazonian bioeconomy; *Chakra* 4.0; socio-environmental sustainability; Indigenous territories; landscape transformation.

Introducción

La Amazonía no constituye un territorio único y homogéneo, sino que su delimitación varía según el criterio adoptado. Desde una perspectiva ecológica e hidrológica, la cuenca amazónica comprende unos siete millones de kilómetros cuadrados que abarcan gran parte de Sudamérica [1]. En su interior se localiza un bosque húmedo tropical que alberga una de las mayores biodiversidades del planeta, la que está enmarcada en la red de drenaje del río Amazonas y sus afluentes [2], [3] (Figura 1).

De acuerdo con las formaciones vegetales, en la Amazonia se diferencian cuatro tipos de coberturas: formación forestal (bosque denso), manglar (bosque de manglar), bosque inundable y bosque abierto, distribuidos entre Brasil (63 %), Perú (10 %), Bolivia (7 %), Colombia (7 %), Venezuela (6 %), y el porcentaje restante repartido entre Guyana (<3 %), Ecuador (<2 %), Surinam (2 %) y Guayana Francesa (1 %) [4].

A nivel político-administrativo, algunos países han establecido delimitaciones propias, como la Amazonía en Brasil, que está integrada por un conjunto de estados para efectos de planificación territorial [5]. En Ecuador, se reconoce como Amazonía la región oriental que forma parte tanto de la cuenca como del bioma, y cuya definición responde a criterios ecológicos y a divisiones administrativas provinciales [4]. Esta pluralidad de enfoques es relevante para los estudios científicos y de gestión, pues condiciona los marcos de referencia con que se abordan los procesos sociales, ambientales y económicos en la región.

La Amazonía constituye el sistema fluvial más extenso del planeta, al concentrar cerca del 20 % del agua dulce líquida que desemboca en los océanos [6], cuyo permanente reciclaje, ya sea como vapor o como flujo superficial y subterráneo, en la atmósfera, la litosfera y la biosfera resulta crucial para la estabilidad climática global [7]. En este contexto, la biodiversidad y los suelos forestales actúan como componentes clave del sistema de interacción clima-litósfera para mantener el equilibrio de los ciclos hidrológico y climático. De manera complementaria, la notable capacidad de secuestro y almacenamiento de carbono del bosque húmedo tropical amazónico refuerza su papel estratégico en la regulación del clima planetario [8].



Figura 1. El bioma y la cuenca amazónica. *Tomado de* [9].

La región amazónica es parte esencial del ecosistema terrestre puesto que cumple un papel importante para la diversidad biológica y el equilibrio ecológico que incluye el almacenamiento de agua y carbono, y constituye la base de sustento de los pueblos indígenas y las comunidades locales [10]. Sin embargo, esta región enfrenta una transformación acelerada del uso del suelo, impulsada por la expansión agrícola y ganadera para abastecer la demanda mundial de alimentos, lo que, sumado a la deforestación, la degradación forestal, los incendios y los efectos del cambio climático, deteriora de forma irreversible la estructura y funciones del bosque [10]

(Figura 2). En consecuencia, la desforestación ha provocado pérdidas de 542 581 km² (un 9 %) de la superficie cubierta por bosques entre 2001 y 2020 [11].

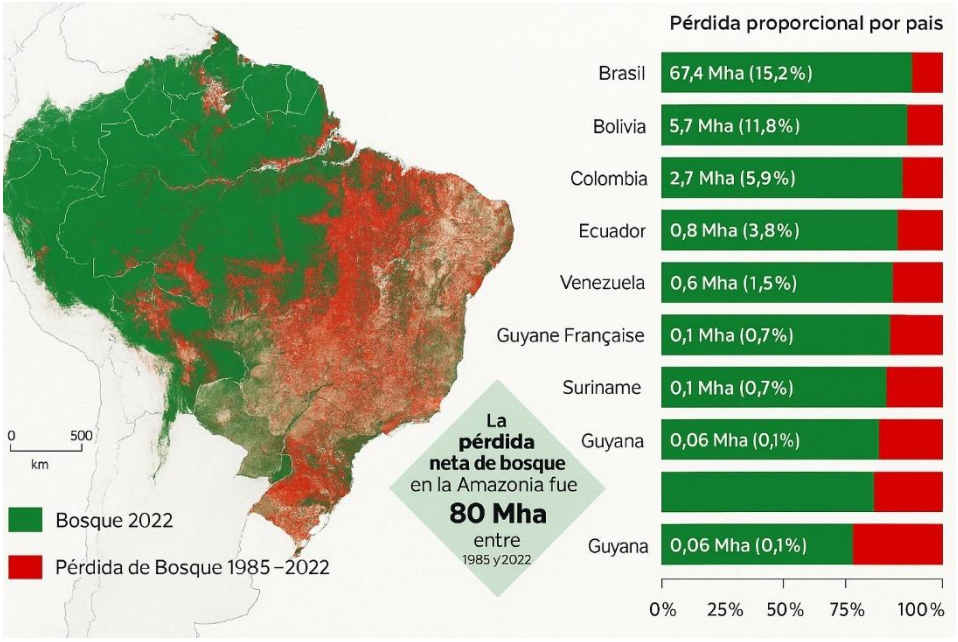

Figura 2. La Amazonía perdió 80 millones de hectáreas entre 1985 y 2022, proceso que continúa en todos los países de la cuenca. Tomado de [11] .

La Amazonía ecuatoriana ha sido reconocida como uno de los territorios con mayor riqueza biológica del planeta [12]. Esta región constituye aproximadamente el 42 % del territorio nacional y presenta una alta diversidad de relieves, paisajes, climas y biomas, desde la vertiente amazónica de la cordillera Oriental y el piedemonte hasta la llanura amazónica [13]. La Amazonía ecuatoriana no posee una delimitación única, pues esta varía según el criterio adoptado. Desde una perspectiva político-administrativa, comprende generalmente el territorio situado al este de la cordillera Oriental. En cambio, los enfoques biogeográficos reconocen una transición gradual entre los Andes y la Amazonía y emplean distintos umbrales altitudinales para distinguir subregiones, como la Amazonía alta y baja. Estos límites suelen ubicarse entre 600 y 700 m para las tierras bajas, o por encima de 1000-2000 m cuando se incluyen el piedemonte y las vertientes andinas [14], [15] .

En este vasto escenario natural se encuentran humedales de enorme importancia ecológica y se desarrollan múltiples cuencas hidrográficas de relevancia nacional, que alimentan importantes ríos amazónicos, afluentes del sistema del río Amazonas [16].

Licencia: CC-BY-NC-SA 4.0

https://doi.org/10.63804/gb.v2i3.e1

Sin embargo, en las últimas décadas se ha visto profundamente transformada debido a que la expansión de la frontera agrícola ha abierto paso a un cambio acelerado en el uso del suelo, donde los bosques han cedido espacio a potreros para la ganadería y a extensas plantaciones de monocultivos, como palma africana, maíz, naranjilla, cacao y banano, que se han convertido en especies dominantes en un paisaje que antes estaba cubierto por selvas densas y diversidad silvestre [17], [18].

En este escenario, los esfuerzos del Estado y de la sociedad deben trascender lo meramente técnico para convertirse en un compromiso ético con las generaciones presentes y futuras [19]. La conservación, restauración y protección de la Amazonía no solo responden a la necesidad de frenar la degradación de sus bosques, sino también a la responsabilidad de preservar los saberes, culturas y modos de vida de los pueblos amazónicos que históricamente han custodiado este territorio [20]. Reconocer la evolución de la relación entre los seres humanos, la biodiversidad y el paisaje a lo largo del tiempo permite comprender las dinámicas actuales y proyectar un futuro sustentado en políticas y acciones que garanticen la sostenibilidad social, económica, ambiental y cultural de la región [21].

De la domesticación ancestral a la colonización moderna en la Amazonía

Ocupación ancestral de la Amazonía

En este marco, diversos estudios han documentado procesos tempranos de domesticación de plantas que actualmente son cultivadas en la Amazonía. Entre las más antiguas se encuentra la palma chonta (*Bactris gasipaes*), con evidencias de manejo hace más de 8000 a.C., seguida por la yuca, domesticada antes de 6000 a.C., y posteriormente el ají y la piña, cuyo cultivo se remonta a antes de 4000 a.C. [22]. Por otra parte, en el caso ecuatoriano, el análisis de fitolitos y polen en sedimentos del lago Ayauchi, en Morona Santiago, revela la presencia del maíz hacia 4000 a.C. [23].

La evidencia arqueológica indica que la ocupación ancestral de la Amazonía ecuatoriana coincidió con el inicio del Holoceno, lo que ocurrió aproximadamente

entre 10 000 y 8 000 años, estrechamente vinculada al aprovechamiento de los ríos como vías de movilización y subsistencia [24]. El sitio de Guaguacanoayacu, en la cuenca del Napo (Sucumbíos), constituye una de las ocupaciones más tempranas de la región, con dataciones cercanas a 6900 a.C. [25]. De igual forma, en Alto Tena (Napo) se han identificado ocupaciones continuas de varias culturas hasta tiempos recientes [26]. Los rasgos de la actividad antropogénica entre el pre y el poscontacto europeo que llevaron a definir la ocupación Tena se evidenciaron con la presencia de moldes de poste que dieron lugar a estructuras circulares y ovales de entre 3 y 12 m de diámetro [27].

Estos resultados plantean interrogantes sobre las causas de la desaparición o sustitución cultural: agotamiento de recursos, conflictos bélicos o eventos naturales extremos, como inundaciones, sequías o erupciones volcánicas.

Factores naturales y dinámicas de sucesión cultural

Los procesos de ocupación amazónica estuvieron frecuentemente interrumpidos por fenómenos ambientales, entre los cuales resaltan dos grandes inundaciones y un evento de caída de cenizas volcánicas durante el período de Integración (500-1500 d.C.) en la Amazonía norte, los cuales ocasionaron la desaparición de asentamientos y la reconfiguración de paisajes culturales [28].

Por su parte, la sucesión cultural en el valle del Upano, Morona Santiago, donde estructuras habitacionales de la cultura Kilamope (616-276 a.C.) fueron posteriormente reocupadas por la cultura Huapula (740-1180 d.C.), revelan ciclos de abandono y reutilización de territorios [29]. De manera complementaria, desde hace aproximadamente 1850 a.C. existieron múltiples culturas amazónicas con trayectorias diferenciadas de las de la Sierra y la Costa, adaptadas a las condiciones específicas de la selva [30] (Figura 3).

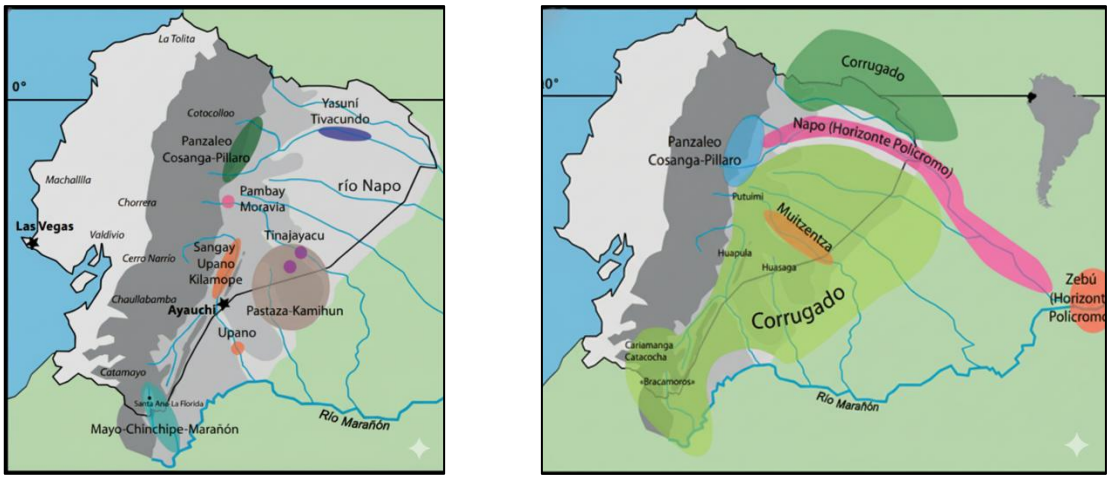

Figura 3. Localización de las culturas prehispánicas en la Amazonía ecuatoriana durante los períodos Formativo (3800-500 a.C.), Integración I (500 a.C.-700 d.C.) e Integración II (700-1 532 d.C.). Tomado de [30].

La antropización del paisaje amazónico

Estos patrones históricos de ocupación permiten suponer que los bosques primarios se conservaron principalmente en áreas con restricciones naturales, por ejemplo, interfluvios de tierra firme con suelos menos fértiles y otros ambientes de menor aptitud para asentamientos permanentes, donde los impactos precolombinos fueron más heterogéneos y localizados [31], [32]. En contraste, la mayor parte de la Amazonía ha sido objeto de intervención humana a lo largo de ocho a diez milenios [33], [34].

En este contexto, se propuso el concepto de "antropización de los paisajes amazónicos", según el cual, amplias zonas que eran consideradas "vírgenes", en realidad, son ecosistemas modificados y gestionados por los seres humanos durante milenios, lo que desafía la visión convencional de la Amazonía como una región donde los humanos tienen poco impacto en el ecosistema [35], [36], [37], [38]. En torno al concepto de antropización del paisaje amazónico, destacan los siguientes aspectos:

a. La interacción entre humanos y el ambiente: los pueblos indígenas han desempeñado un papel activo en la formación de paisajes sostenibles mediante la agricultura, el manejo forestal y el uso controlado del fuego.

b. Etnobotánica histórica: estos estudios han permitido comprender mejor cómo las sociedades amazónicas han utilizado las plantas no solo para su subsistencia, sino también con fines medicinales, religiosos y culturales.

c. Transformación ecológica: los autores citados sostienen que las transformaciones ecológicas provocadas por los pueblos indígenas son duraderas y a menudo beneficiosas para la biodiversidad, lo que cuestiona la narrativa de que la actividad humana siempre resulta en degradación ambiental.

Colonización y transformaciones recientes

La irrupción colonial a partir del siglo XVI introdujo nuevas presiones sobre los ecosistemas amazónicos, pero desde mediados del siglo XX es cuando se produce la transformación más intensa [39]. Varios autores coinciden en que la llamada colonización interna representó la incorporación de la Amazonía a la economía nacional mediante migraciones, extracción petrolera y apertura de vías [40], [41], [42].

Entre los principales factores destacan:

a. Políticas de reforma agraria: en las décadas de 1960 y 1970, el Estado ecuatoriano implementó políticas de reforma agraria que incentivaron la migración de colonos desde la Sierra y la Costa hacia la Amazonía [43]. El objetivo principal de estas políticas fue disminuir la presión demográfica en las regiones más pobladas y fortalecer la integración sociopolítica y económica de la Amazonía al contexto de país [43], [44]. Para ello se promovió la distribución de tierras a los colonos y la explotación de recursos naturales, con el fin de fomentar especialmente la agricultura y la extracción de petróleo [44].

b. Explotación petrolera: el descubrimiento de grandes reservas de petróleo en la región amazónica en la década de 1960 fue un factor crucial en la intensificación de la colonización [43]. La construcción de vialidad para facilitar la explotación petrolera abrió vastas áreas de bosque tropical a

colonos que buscaban nuevas oportunidades económicas [43], [45]. Sin embargo, ello también ha generado situaciones conflictivas en el campo ambiental y social [43], [44].

c. Impacto cultural: la colonización interna ha profundizado un proceso de transculturación, que se expresa en la pérdida de la lengua ancestral por parte de las nuevas generaciones y la incorporación del idioma español, los hábitos alimentarios y ciertas costumbres de la civilización occidental [46]. La transformación cultural avanza y cambia la vida de las comunidades indígenas que habitan la Amazonía ecuatoriana. El Estado igualmente ha implementado políticas que buscan fortalecer a las comunidades ancestrales y mitigar el proceso de pérdida cultural, como el reconocimiento de los territorios indígenas y desarrollo de alternativas económicas sostenibles [47]. La cooperación internacional ha apoyado estos esfuerzos en las últimas tres décadas [48].

d. Transformación del paisaje: la colonización ha implicado la introducción de la agricultura tradicional basada en la deforestación para la ganadería y el monocultivo [49]. Ello ha resultado en la aplicación de agroquímicos y la introducción de cultivos no adaptados al medio amazónico, con el consecuente incremento de plagas y enfermedades y la intensificación del uso de químicos contaminantes de suelos y aguas [16], [17]. Los patrones de asentamiento han favorecido la expansión de la frontera agrícola a costa de los bosques, lo que ha contribuido con la pérdida de biodiversidad y la degradación del suelo [48].

La colonización ha tenido un impacto doble; permitió la inserción de nuevos actores económicos, pero marginó a las comunidades indígenas y agudizó las desigualdades en la distribución de beneficios [16]. Además, la expansión de infraestructuras petroleras ha ocasionado deforestación y contaminación, con una consecuente profundización de la crisis socioambiental amazónica [50], [51].

En conclusión, la historia de la Amazonía ecuatoriana muestra un paisaje transformado de manera continua por la relación entre naturaleza y cultura. Desde

los pueblos que domesticaron plantas y construyeron ecosistemas sostenibles hasta los procesos recientes de colonización y explotación petrolera, la región ha experimentado profundas transformaciones [34], [43]. El desafío actual radica en compatibilizar el desarrollo económico con la conservación de la biodiversidad y el respeto de los derechos de los pueblos amazónicos, bajo principios de justicia ambiental e intergeneracional.

Sostenibilidad en la Amazonía ecuatoriana: retos ecológicos y productivos

La Amazonía contemporánea presenta un paisaje profundamente modelado por la acción humana, donde una proporción significativa corresponde a bosques secundarios en distintas etapas de regeneración, mientras que el bosque primario, resultado de procesos prolongados de interacción entre clima, suelo y especies, solo persiste en áreas remotas de difícil acceso [52], [53], [54], [55].

Dentro de este mosaico socioecológico, el sistema de *chakras* desempeña un rol fundamental. Una *chakra* es una unidad productiva agroecológica y familiar manejada tradicionalmente por pueblos indígenas y campesinos que combina alimentos, plantas medicinales, árboles frutales y especies forestales, junto con la crianza de animales menores, [56]. Sin embargo, no es solo un terreno agrícola, sino que representa una forma de vida y de relación armónica entre la familia, la comunidad y la naturaleza, guiada por principios de reciprocidad, complementariedad y respeto a la Pachamama (Madre Tierra) [57].

En el sistema de *chakras*, el ciclo agrícola típico implica la apertura de un área, el cultivo por dos o tres años hasta el agotamiento de la fertilidad y posterior abandono para permitir la sucesión natural [58]. Este proceso da lugar a bosques secundarios que, según la intensidad del uso y el contexto cultural, pueden regenerarse entre 10 y 40 años [59]. Durante esta etapa, las familias agricultoras favorecen determinadas especies frutales y maderables, a través de figuras tradicionales como la *chagramama* (mujer responsable del manejo de la *chakra*) y el *chagrayaya* (varón con funciones complementarias en la gestión productiva), enriqueciendo la composición florística del bosque secundario y garantizando la provisión futura de recursos alimenticios y forestales [60].

La transformación del bosque amazónico también ha estado marcada por el aprovechamiento selectivo de especies maderables y durante la apertura de *chakras* los árboles de valor comercial suelen aprovecharse junto con la extracción tanto legal como informal o ilegal de madera en etapas posteriores, lo que contribuye a la presión sobre los ecosistemas forestales [61], [62]. Especies de alta demanda, como la caoba (*Swietenia macrophylla*), el cedro (*Cedrela odorata*) y el chuncho o seike (*Cedrelinga cateniformis*) han disminuido drásticamente en abundancia lo que dio paso a la dominancia de especies pioneras [63], [64].

Desde una perspectiva global, el valor de los bosques amazónicos trasciende lo local porque estos ecosistemas desempeñan una función estratégica como importantes sumideros de carbono, al acumular grandes cantidades de carbono en su biomasa y mitigar el cambio climático (sumidero de carbono) [65]. Aunque los bosques primarios mantienen grandes reservas de carbono y actúan como sumideros netos [66], son los bosques secundarios los que presentan tasas más altas de fijación, entre 6 y 12 toneladas de carbono por hectárea al año, superior a las 1,5 a 2 toneladas de los bosques maduros [66], [67].

La acción antrópica no ha afectado únicamente a la vegetación, sino también a la fauna amazónica [68]. Una característica singular de América es la ausencia histórica de domesticación de especies animales, en contraste con Asia, África y Europa [69]. La colonización promovió la introducción de especies ganaderas, pero las comunidades indígenas amazónicas aun dependen principalmente de la caza y la pesca para suplirse la proteína animal [60]. Este equilibrio, no obstante, se ha visto alterado en tiempos modernos debido al uso de armas de fuego que ha intensificado la presión cinegética sobre grandes mamíferos, como jaguares, tapires y primates, que ha provocado la disminución incluso a la extinción local en algunas áreas [70], [71].

A ello se suma el impacto de los agroquímicos, puesto que el uso intensivo de pesticidas y herbicidas no solo afecta a insectos y pequeños animales, sino que se propaga por la cadena trófica, que incluye a los depredadores de mayor tamaño. El escurrimiento hacia cuerpos de agua contamina hábitats acuáticos donde afecta a las poblaciones de peces, anfibios, reptiles y aves acuáticas [64], [72]. Además, la

expansión agrícola y la deforestación fragmentan el hábitat, reducen refugios y limitan las oportunidades de reproducción para numerosas especies [73].

Estos procesos convergen en un cambio profundo de la dinámica ecológica amazónica, particularmente desde mediados del siglo XX, cuando la apertura de ejes viales, la colonización agrícola y la explotación petrolera incrementaron la presión sobre los ecosistemas [74]. En las últimas dos décadas, la minería aurífera a cielo abierto se ha sumado como un factor adicional de degradación [75].

La calidad del agua en la Amazonía ecuatoriana: un recurso estratégico condicionado por el uso de la tierra

El análisis de la deforestación histórica del Ecuador muestra que la Amazonía, al igual que la Costa y la Sierra, ha atravesado un proceso sostenido de transformación desde inicios del siglo XX (Figura 4) [76]. Muchas de las áreas deforestadas entre las décadas de 1960 y 1990, originalmente destinadas a la ganadería o a cultivos como café y cacao, hoy aparecen cubiertas por bosques secundarios dominados por especies pioneras de la sucesión natural [77]. Sin embargo, las zonas de mayor cobertura continua se concentran en las planicies aluviales bajas, entre Sucumbíos, Orellana y Pastaza, caracterizadas por suelos con limitaciones de drenaje y alta susceptibilidad a inundaciones [78].

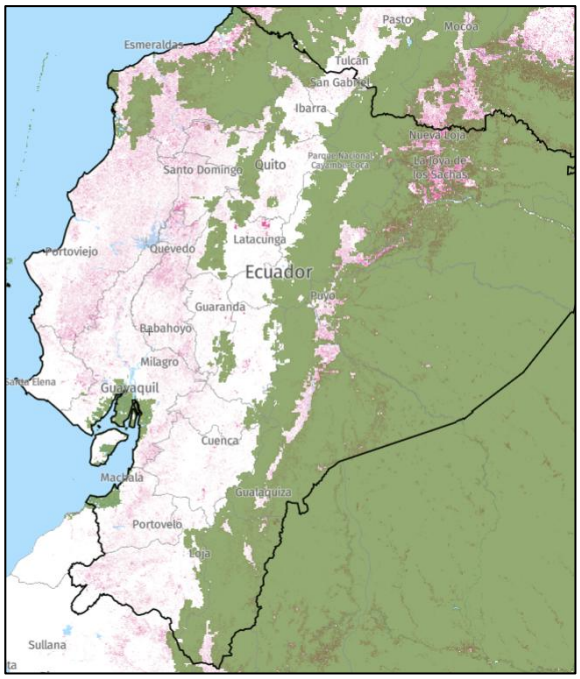

Figura 4. Mapa de deforestación histórica del Ecuador desde 2002-2024 (superficie en rojo). Algunas áreas, especialmente en la Amazonía, recuperaron la cubierta forestal. Tomado de [76].

Colonización, deforestación y cambio de uso del suelo

La colonización acelerada a partir de la segunda mitad del siglo XX transformó radicalmente el uso del suelo en la región. Las políticas de Reforma Agraria de las décadas de 1960 y 1970 promovieron la apertura de tierras mediante tala y quema del bosque, que luego se destinaron a monocultivos dependientes de agroquímicos y a la ganadería extensiva [79]. Este proceso estuvo acompañado de la expansión petrolera y, más tarde, minera, actividades que no solo redujeron la cobertura forestal, sino que introdujeron nuevas fuentes de contaminación del agua, el suelo y el aire [74], [80].

La población amazónica se multiplicó 16 veces en apenas seis décadas, lo que incrementó la presión sobre los recursos naturales [81]. La falta de servicios básicos y de acceso a educación en numerosas comunidades contribuyó a mantener elevadas tasas de natalidad y, a su vez, impulsó la expansión agrícola y urbana [79]. Se documenta que las coberturas vinculadas con la frontera agrícola y urbana continúan

su expansión a tasas superiores al 4 % anual, mientras que la deforestación avanza a un ritmo de 0,7 % por año en la Amazonía norte [82] .

En términos espaciales, el cambio de cobertura ha sido más intenso en el piedemonte andino-amazónico y a lo largo del eje vial paralelo a la cordillera, mientras que, en Sucumbíos, el avance de la industria petrolera y de la colonización agropecuaria explica los mayores niveles de deforestación [50]. En contraste, provincias como Orellana, Napo y Pastaza aún conservan grandes extensiones de bosque, aunque cada vez más intercaladas con áreas de *chakras* y bosques secundarios [83].

Agricultura intensiva y contaminación

Desde la década de 1990, la expansión de la frontera agrícola ha incorporado monocultivos, como palma africana, maíz, naranjilla, cacao y plátano, con la consecuente sustitución de las áreas de bosque a lo largo de vías de acceso y ríos navegables [12]. Este cambio de uso del suelo tiene efectos directos sobre la calidad del agua, ya que el uso intensivo de pesticidas y fertilizantes químicos en estas plantaciones contamina las fuentes hídricas y empobrece los suelos [84]. Se reportan residuos de pesticidas en más del 80 % de las muestras analizadas en zonas urbanas y agrícolas dominadas por palma africana, con mayor prevalencia de uso de ciertos fungicidas (carbendazim, azoxistrobina y propiconazol) e insecticidas (diazinón, e imidacloprid)[16]. A este escenario se suman los derrames petroleros recurrentes que afectan a los cursos de agua de los cuales dependen las comunidades rurales para consumo, pesca y actividades domésticas [85].

Además, la producción intensiva de monocultivos, como la palma africana, compacta el suelo, lo que genera competencia por nutrientes y altera la cadena alimenticia local [84]. La deforestación asociada a la expansión agrícola intensiva también contribuye significativamente a las emisiones de carbono, como se ha observado en otras regiones con dinámicas similares de frontera agrícola [86]. Este modelo productivo se asemeja a los procesos de industrialización agrícola que emergieron en el siglo XIX, donde la innovación y la apertura de mercados impulsaron una especialización ganadera intensiva que sentó las bases para prácticas agropecuarias de alto impacto [87]. La intensificación de la agricultura, caracterizada por monocultivos y la

aplicación masiva de agroquímicos, ha desplazado prácticas agrícolas tradicionales que empleaban fertilizantes orgánicos y sistemas de desecho asimilables por el medio ambiente, lo que representa una transición hacia unidades de producción de gran escala con alto impacto ambiental [88].

Este modelo de agricultura intensiva es impulsado por políticas públicas que fomentan la expansión de la frontera agrícola y la adopción de nuevos cultivos, a menudo en detrimento de la biodiversidad y los ecosistemas locales [12]. Esta búsqueda de altos rendimientos por unidad de superficie mediante el uso de variedades mejoradas, el aumento de fertilizantes inorgánicos y los sistemas de riego, aunque incrementa la productividad, también incide negativamente en la biodiversidad y genera problemas ambientales relacionados con el suelo y el agua [89]. La intensificación agrícola se ha asociado con un mayor consumo de recursos, la expansión de la ganadería industrial, el uso intensivo de maquinaria pesada, la acidificación del suelo y una elevada demanda de agua [116]. Estos efectos se agravan por la pérdida de fertilidad y la menor capacidad de regulación hídrica del suelo, comprometiendo la sostenibilidad de los agroecosistemas a largo plazo [117]. Asimismo, estas prácticas reducen considerablemente la biodiversidad y alteran el equilibrio ecológico regional.

Además, estas prácticas intensivas contribuyen a una disminución drástica de la biodiversidad, al tiempo que alteran el equilibrio ecológico de la región [118]. En particular, la conversión de bosques primarios y secundarios en áreas para el cultivo de palma africana ha provocado una disminución en la diversidad de aves y mariposas, lo que evidencia el impacto directo de estas actividades en la fauna local [112]. Esta pérdida de biodiversidad se extiende también a la microbiota del suelo, fundamental para la salud del ecosistema y los ciclos biogeoquímicos [118]. La expansión de monocultivos también ha provocado la fragmentación del hábitat que provoca el aislamiento de poblaciones de especies nativas y disminuye su capacidad de adaptación a los cambios ambientales [119]. Aunado a esto, el manejo agronómico de monocultivos, como la palma africana puede alterar significativamente las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, con efectos negativos sobre su calidad e integridad [110].

Impactos en el carbono y los ecosistemas en la Amazonía

Los impactos del cambio de uso de la tierra en la Amazonía ecuatoriana van más allá de la pérdida de cobertura forestal y una de las consecuencias más críticas es la reducción en la capacidad de los ecosistemas para actuar como sumideros de carbono [94], [95]. La sustitución de bosques nativos por monocultivos y pastizales implica una disminución significativa en el almacenamiento de carbono, lo que ha afectado la regulación climática a nivel regional y global. Estudios sobre la dinámica del carbono en territorios indígenas y áreas naturales protegidas de la Amazonía entre 2003 y 2016 mostraron que, aunque esta región almacena el 58 % del carbono de la región, solo aportaron el 10 % de las pérdidas netas, en contraste con tierras no protegidas que concentraron cerca del 90 % [89]. Sin embargo, se perdieron casi 500 millones de toneladas de carbono dentro de territorios indígenas y áreas naturales protegidas, principalmente por degradación y disturbios (>75 %). Los autores destacan que fortalecer la gestión indígena es clave para cumplir los compromisos climáticos globales.

Estos resultados soportan la idea de que la expansión agrícola y urbana en la Amazonía norte avanza a tasas superiores al 4 % anual, con las subsecuentes presiones sobre la cobertura vegetal y la alteración de los índices de vegetación (NDVI) [82]. Este proceso implica no solo la emisión directa de dióxido de carbono por la deforestación, sino también la pérdida progresiva de la capacidad de recuperación de los ecosistemas [82], [96]. La alteración de la estructura y funcionalidad de los bosques conlleva efectos en cascada: disminución de la biodiversidad, cambios en los flujos hidrológicos y aumento de las temperaturas superficiales, lo que acelera el deterioro de los servicios ecosistémicos esenciales [97], [98].

En consecuencia, el cambio de uso del suelo en la Amazonía ecuatoriana constituye una de las principales amenazas para la resiliencia de los ecosistemas, al comprometer simultáneamente la conservación de la biodiversidad, la regulación climática y la calidad del agua [98]. Estos procesos muestran cómo la deforestación y las dinámicas extractivistas no solo transforman el paisaje, sino que erosionan la

base ecológica que sostiene la vida y los medios de subsistencia de las poblaciones locales [99], [100].

El rol de los pueblos y nacionalidades indígenas

Los pueblos y nacionalidades indígenas amazónicas han limitado el avance de la frontera agrícola pese a la presión externa [101]. El reconocimiento legal de los territorios indígenas y la creación de áreas protegidas han sido instrumentos esenciales para salvaguardar zonas de alta biodiversidad y, con ellas, fuentes estratégicas de agua que sustentan tanto a las comunidades locales como a ecosistemas de importancia global [102], [103]. A diferencia de la colonización agrícola convencional, los sistemas de *chakras* se articulan con el bosque secundario y contribuyen a la protección de recursos hídricos y de la biodiversidad [60].

Los sistemas de *chakras*, practicados durante milenios por las poblaciones Kichwa, estuvieron orientados inicialmente a la subsistencia e integraron cultivos básicos como la yuca y el plátano, en contraste con las presiones actuales de la agricultura y la ganadería extensivas [104]. Estos sistemas agroforestales constituyen una alternativa resiliente frente a plagas y enfermedades, además de contribuir al control de la erosión, la provisión de alimentos y medicinas y la recuperación del suelo [105]. Del mismo modo, los sistemas silvopastoriles, al combinar árboles y pastizales, ofrecen una vía para revertir la degradación edáfica, restaurar la fertilidad y favorecer una ganadería más sostenible [106].

Estos logros, sin embargo, se ven amenazados por la transculturización y la creciente integración de las comunidades en la economía de mercado[104]. La expansión de la frontera agrícola, impulsada por monocultivos, representa una amenaza significativa para la estructuración territorial y la subsistencia de los pueblos indígenas en la Amazonía ecuatoriana [107]. Esta problemática se agudiza por la baja disponibilidad de tierras en los resguardos y la creciente urbanización, lo que fuerza a las comunidades a negociar sus territorios con propietarios privados y esto exacerba las tensiones espaciales y la vulnerabilidad de los sistemas de *chakra* tradicionales [103].

Adicionalmente, esta situación es agravada por la fragmentación de los resguardos, que disminuye las áreas de siembra y compromete la soberanía alimentaria de las familias, y, en consecuencia, modifica sus formas de vida y prácticas culturales [103]. La presión constante por el acceso a nuevas tierras de cultivo ha catalizado una transformación de vastas zonas amazónicas en campos agrícolas y asentamientos humanos que evidencian un deterioro ambiental y socioeconómico significativo en la región [108].

Esta dinámica fomenta la pérdida de conocimientos tradicionales ecológicos, ya que las nuevas generaciones, al estar inmersas en economías de mercado, pierden la conexión con los sistemas productivos ancestrales que sustentan la biodiversidad y los recursos hídricos [103]. La falta de apoyo estatal y de programas que promuevan tecnologías y conocimientos para la conservación, junto con la ausencia de alternativas de producción sostenibles, exacerba esta deforestación continua y la pérdida de biodiversidad en la Amazonía ecuatoriana [133].

LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA *CHAKRA* EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA

La *chakra* amazónica ecuatoriana no ha sido un sistema agrícola estático, sino una construcción histórica de larga duración. Su composición actual resulta de la superposición de especies domesticadas en la Amazonía prehispánica, especies introducidas durante la colonia y rubros comerciales incorporados con mayor intensidad desde mediados del siglo XX. Esta trayectoria explica por qué la *chakra* contemporánea combina yuca, maíz, plátano, cacao, café, guayusa, frutales, plantas medicinales y árboles útiles en un mismo espacio agroforestal, integrando soberanía alimentaria, identidad cultural, biodiversidad e inserción selectiva en el mercado.

La *chakra* amazónica puede interpretarse como un sistema con cuatro grandes capas o etapas históricas, que involucran la biodiversidad, cultura e ingresos monetarios (Tabla 1).

Tabla 1. Cronología de la evolución histórica de la *chakra* amazónica ecuatoriana.

Años y etapa histórica	Proceso dominante	Rubros incorporados o consolidados	Función dentro de la *chakra*	Interpretación y sustento bibliográfico
>8000-5000 a. C. Capa 1: ancestral-domesticadora	Manejo temprano de plantas amazónicas y neotropicales; domesticación inicial y enriquecimiento del bosque.	Yuca, camote, ajíes, palmas útiles, frutos silvestres manejados, plantas medicinales y fibras.	Alimentación básica, medicina, materiales, manejo del bosque y construcción inicial de paisajes antrópicos.	La Amazonía fue centro de domesticación y manejo de plantas; la *chakra* surge como sistema diversificado, no como monocultivo [22].
ca. 3500-3000 a.C. Capa 1: ancestral-domesticadora	Uso temprano de cacao en la Alta Amazonía y fortalecimiento de redes alimentarias y simbólicas.	Cacao, yuca, maíz temprano, frutales, palmas y plantas rituales.	Alimento, bebida, intercambio, valor simbólico y posible domesticación temprana de cacao.	Santa Ana-La Florida evidencia uso temprano de cacao en la Alta Amazonía ecuatoriana, hace aprox. 5300 años [109].
2000 a. C.-1500 d.C. Capa 2: agroforestal-prehispánica	Consolidación de policultivos, barbechos enriquecidos, manejo sucesional y paisajes agrícolas complejos.	Yuca, maíz, piña, ají, camote, maní, palmas, frutales, medicinales y cacao en ciertos territorios.	Soberanía alimentaria, continuidad cultural, medicina, ritualidad y mantenimiento de agrobiodiversidad.	La *chakra* se consolida como sistema agroforestal-policultural; la evidencia del Upano confirma manejo agrícola complejo [29], [120].
Siglos XVI-XVIII Capa 3: colonial-introducida	Contacto colonial e incorporación de especies exóticas del Viejo Mundo y circuitos coloniales tropicales.	Plátano/banano, caña de azúcar, cítricos, animales domésticos; café en fases posteriores.	Complemento energético, dulzor, bebidas, fermentos, intercambio local y diversificación alimentaria.	Las especies introducidas se insertaron en la matriz policultural; el plátano se volvió estructural por su adaptación tropical húmeda [110], [111].
Siglo XIX-inicios del XX Transición entre capas 3 y 4	Mayor contacto misionero, extractivo y comercial; expansión de intercambios regionales.	Yuca, plátano, café, cacao, caña, frutales, productos forestales y animales menores.	Subsistencia familiar combinada con venta o intercambio regional de excedentes.	La integración al mercado modificó la composición y función de la *chakra*, pero no sustituyó su papel alimentario, cultural y de seguridad familiar [111].
1950-1970 Capa 4: comercial-contemporánea	Apertura de caminos, colonización, reforma agraria, expansión petrolera e inserción más intensa al mercado.	Café, cacao, plátano, yuca comercial; ganadería en algunos paisajes colonizados.	Ingreso monetario, articulación al mercado, transformación de la economía familiar y presión sobre sistemas tradicionales.	Desde mediados del siglo XX se intensificó la transición hacia rubros comerciales; el cambio agrario se aceleró con caminos, colonización y mercados [94], [95].
1980-2000 Capa 4: comercial-contemporánea	Diversificación comercial y presión de monocultivos; persistencia de *chakras* mixtas de autoconsumo y mercado.	Cacao, café, plátano, naranjilla, cítricos, yuca, guayusa, frutales y especies medicinales.	Combinación de alimentación familiar, ventas locales, ingreso monetario y conservación de diversidad útil.	La *chakra* persiste porque integra agrobiodiversidad, seguridad alimentaria e identidad cultural aún bajo integración mercantil [122].
2000-actualidad Capa 4: comercial-contemporánea y revalorización agroecológica-patrimonial	Reconocimiento de la *chakra* como sistema agroforestal tradicional, biocultural, agroecológico y patrimonial.	Cacao fino, café, guayusa, vainilla, arazá, yuca, plátano, maíz, frutales, medicinales, maderables y palmas.	Soberanía alimentaria, identidad cultural, comercio sostenible, conservación de biodiversidad y resiliencia socioecológica.	El reconocimiento de la *chakra* Amazónica de Napo como sistema patrimonial agrícola mundial - SIPAM - destaca su valor biocultural y sostenible [112].
Hacia 2030-2050: *CHAKRA* 4.0	Incorporación de técnicas agroecológicas para potenciar productividad sin perder sostenibilidad	Mejora genética adaptada a la Amazonía de: cacao, café, plátano, cardamomo, jackfruit, cacao blanco, vainilla y maderas de alto valor, entre otros rubros.	Modelos diseñados para obtención de ingresos mayores y salvaguarda del Sistema Agroforestal no contaminante	Mantenimiento del concepto fundamental de la *chakra*, fortalecida con avances técnico-científicos en microbiología, suelos, manejo integrado de plagas, genética, entre otros, y herramientas del Biocomercio (transformación y marketing) [113].

Etapa 1: ancestral-domesticadora (8 000-3 000 a.C.)

Corresponde a la selección, manejo y domesticación de especies amazónicas y neotropicales como yuca, ajíes, piña, palmas, frutales y cacao. Esta capa constituye la base alimentaria y biocultural del sistema.

Etapa 2: agroforestal-prehispánica (2 000 a.C.-1 500 d.C.)

Se caracteriza por la consolidación de policultivos, manejo de barbechos, enriquecimiento del bosque secundario y organización de la producción familiar. Aquí la *chakra* funciona como sistema de alimentación, medicina, ritualidad y transmisión de conocimiento.

Etapa 3: colonial-especies introducidas (siglos XVI-XVIII)

Incorpora especies exóticas como plátano, caña de azúcar, cítricos y café. Estas especies no destruyen la lógica de la *chakra*, sino que se insertan en ella. El plátano se vuelve particularmente importante por su alta adaptación a la humedad amazónica y su función alimentaria. El plátano constituye un ejemplo notable de cómo la *chakra* amazónica ha sido históricamente dinámica y capaz de incorporar especies exógenas sin perder su lógica cultural propia. Aunque el complejo *Musa* no es originario de América, fue introducido durante el siglo XVI a través de las redes coloniales ibéricas que conectaban África occidental, Cabo Verde, Canarias, el Caribe y las costas tropicales americanas. Su rápida expansión se explica por su fácil propagación vegetativa, alta productividad, adaptación a ambientes húmedos tropicales y valor como alimento abundante y versátil.

En los sistemas agrícolas indígenas de la amazonia, la introducción del plátano (*Musa* spp.), además de su función alimentaria, adquirió un significado social y simbólico vinculado con las prácticas locales de cultivo y aprovechamiento de las plantas [114]. Entre los yanomami, esta integración se manifiesta en la presencia del plátano en sus huertos, pero también en las narraciones mitológicas sobre el origen de la agricultura y en su utilización durante las celebraciones intercomunitarias *reahu*, asociadas con el establecimiento de alianzas y los rituales funerarios [115], [116]. Estas evidencias permiten comprender los sistemas agrícolas indígenas amazónicos como construcciones bioculturales dinámicas, en las que los intercambios históricos y la

incorporación de nuevos cultivos contribuyen a transformar las prácticas alimentarias y culturales sin necesariamente desplazar los conocimientos tradicionales [114], [117].

Etapa 4: comercial-contemporánea (siglo XX-actualidad)

Desde mediados del siglo XX, con caminos, colonización y mercados, cacao, café y plátano adquieren mayor peso económico. Esta etapa transforma la *chakra* en un sistema que combina autoconsumo, biodiversidad, cultura e ingresos monetarios. En la actualidad, las organizaciones Kichwa de Napo, de la mano del Estado y la cooperación internacional, han adquirido capacidades para producir, procesar y exportar cacao, café, guayusa, snack de plátano y yuca y vainilla procesada (cristalizada).

Esta lectura histórica demuestra que la *chakra* no es un sistema agrícola 'tradicional' en el sentido estático, sino un sistema dinámico, adaptativo y tecnológicamente sofisticado. Esta característica es la base conceptual que permite proyectar su evolución hacia la *Chakra* 4.0, articulada y evidenciada a través de los capítulos siguientes.

En ese contexto, la proyección hacia la *Chakra* 4.0 puede visualizarse como una unidad agroforestal comercial-diversificada, donde:

- cacao y café aportan ingresos anuales,
- plátano, yuca, guayusa y maíz sostienen la alimentación y también generan ingresos a lo largo del año,
- guayusa, plantas medicinales y frutales mantienen la dimensión cultural, ecológica y espiritual, pudiendo aportar igualmente ingresos,
- la madera cultivada de numerosas especies, aportan ingresos según su ciclo de crecimiento: balsa (3 años), pigüe (5-7 años), laurel, cedro, caoba, chuncho (15-20 años) y pueden sustentar una industria sostenible de mueblería y carpintería para viviendas y su equipamiento, contribuyendo a elevar el confort y el nivel de vida de las familias amazónicas.

Desde luego, es deseable y previsible proyectar su evolución hacia niveles superiores de fortaleza económica, a medida que se desarrollen, tanto los niveles de productividad como las cadenas de valor de la bioeconomía amazónica sostenible (snacks y harina de plátano y yuca, balanceados incluyendo maíz, extracto y bebidas de guayusa, pulpa de frutas congeladas y deshidratadas, mermeladas y confites, mueblería, carpintería y viviendas con componentes de bambú y madera cultivada, como materiales debidamente secados y preservados para garantizar calidad y durabilidad.

Actualmente, jóvenes Kichwa y mestizos se están graduando como ingenieros en Agroecología, Biotecnología, Biocomercio y otras áreas, igualmente en Arquitectura Sostenible y otras carreras, lo que impulsará aún más el desarrollo fundamentado en la Chakra 4.0 y la Bioeconomía. Políticas públicas adecuadas a la realidad amazónica, junto con aportes de la cooperación internacional y ONGs, consensuadas con comunidades y liderazgos indígenas, y en el marco de la Constitución, leyes y convenios internacionales pertinentes, como el Convenio de Nagoya y otros instrumentos legales, acelerarían el proceso necesario para reducir la pobreza, mantener a las nuevas generaciones en su territorio y fortalecer las culturas amazónicas como línea de defensa de la biodiversidad y la calidad ambiental.

Búsqueda de soluciones: La bioeconomía amazónica basada en *chakrasorama general*

Aunque la pérdida de bosques en el conjunto de la Amazonía se ha desacelerado en la última década, el proceso persiste y, a escala regional, continúa en un orden de magnitud elevado, cercano al millón de hectáreas por año, con implicaciones directas sobre el ciclo del carbono y la integridad de los ecosistemas [122]. En este contexto, avanzar hacia las metas del Acuerdo de París exige estrategias que integren de manera explícita la conservación ambiental con la reducción de la pobreza, mediante el fortalecimiento de capacidades y el empoderamiento de las poblaciones locales [136].

La bioeconomía como vía de desarrollo sostenible

Una ruta viable es consolidar una bioeconomía amazónica que promueva la creación y escalamiento de cadenas de valor basadas en la biodiversidad y, en particular, en los sistemas agroforestales de la *chakra*. Para que estas cadenas sean efectivas y justas, se requieren dos condiciones habilitantes:

- Gobernanza y arreglos socio-organizativos que aseguren que una fracción significativa del valor agregado retorne a las comunidades y territorios que proveen la materia prima (p. ej., reglas claras de distribución de beneficios, compras públicas, contratos inclusivos).
- Producción auténticamente sostenible, apoyada en saberes ancestrales y en tecnologías de bajo o nulo impacto ambiental (trazabilidad, estándares de calidad, bio y agroinsumos no contaminantes, economía circular) [119], [120].

Chakra 4.0: productividad con identidad

Se propone evolucionar hacia una "*chakra* tecnificada" o "*chakra* 4.0": sistemas diversificados que incrementen la productividad sin desnaturalizar su esencia cultural, generen excedentes para el mercado y mantengan la compatibilidad con suelos, aguas y aire de alta calidad [121]. Este tránsito demanda alianzas con multiactores (comunidades organizadas, Estado, academia, cooperación internacional y organizaciones no gubernamentales) para cofinanciar infraestructura apropiada, servicios de extensión, innovación y acceso a mercados especializados [122], [123] (Figura 5).



Figura 5. Elementos clave del modelo de *Chakra* 4.0 en la Amazonía hacia un modelo de desarrollo sostenible en la Amazonía ecuatoriana.

Planificación territorial e integración intercultural

Se requiere que los planes de acción del Estado, e instituciones no estatales activas en la Amazonía, incluyan con carácter prioritario la promoción de zonas de interfase entre la agricultura de colonización y los territorios de pueblos y nacionalidades [14], [124]. Tanto las comunidades indígenas como las derivadas de procesos de reforma agraria requieren fortalecimiento de capacidades que amplifique sus prácticas constructivas y mitigue aquellas de mayor impacto [125]. Por ello, es clave establecer nexos de cooperación e intercambio entre organizaciones indígenas y asociaciones agropecuarias mestizas. Ello permitiría:

- Difundir buenas prácticas de uso de la tierra y restauración,
- Impulsar transformación y agregación de valor de bioproductos,
- Mejorar logística y comercialización mediante organizaciones mixtas y esquemas de economía social y solidaria,
- Institucionalizar módulos de capacitación e innovación orientados a calidad, inocuidad y sostenibilidad [126], [127], [128].

En el contexto planteado para la Amazonía ecuatoriana, destaca la necesidad de acometer proyectos que se consideran prioritarios y podrían ser acometidos a través de acciones conjuntas Estado-Cooperación Internacional-Empresas Privadas-Comunidades:

1. **Fabricación local de bioinsumos** (biocompost, bioles, herbicidas naturales, bioinsecticidas, microorganismos antagonistas, biochar y otros productos). Ello haría innecesario la adquisición y aplicación de agroquímicos contaminantes.
2. **Campañas permanentes de capacitación** en uso de bioinsumos, lideradas por MAG, prefecturas, academia y ONGs.
3. **Instalación de fábricas de cal agrícola** en provincias con afloramientos de roca caliza apropiada. Este insumo es imprescindible en la Amazonía para elevar la producción agrícola.
4. **Creación de jardines botánicos amazónicos** con colecciones de germoplasma, programas de mejoramiento genético y educación ambiental. La potencialidad de contar con jardines de plantas frutales, medicinales,

ornamentales, etc., para fomentar y viabilizar la I&D con fines productivos y de restauración es clave para el futuro sostenible de la Amazonía.

Conclusiones

La historia de la Amazonía ecuatoriana demuestra que los territorios más resilientes no surgen de modelos extractivos ni de monocultivos intensivos, sino de sistemas capaces de armonizar producción, biodiversidad, ambiente, cultura, ciencia, tecnología y comercio. La *chakra* ancestral constituye la expresión por excelencia de esta relación Sociedad-Naturaleza, al integrar seguridad alimentaria, salud, conservación y manejo forestal, conservación de la biodiversidad y transmisión de conocimientos intergeneracionales.

Sin embargo, las transformaciones demográficas, económicas y territoriales del último siglo exigen una evolución del modelo tradicional para responder a nuevos desafíos: crecimiento poblacional, reducción de tierras disponibles, presión de mercado, pobreza rural, cambio climático y competencia con sistemas agrícolas de alto impacto.

La *Chakra 4.0* no implica sustituir la sabiduría ancestral, sino potenciar su productividad y la calidad de sus productos mediante ciencia aplicada e innovación apropiada. Ello sustentaría la inversión en capacidades para agregación de valor y fomentaría el manejo regenerativo de suelos, la conectividad comercial, energías limpias, biotecnología de bajo riesgo y organización asociativa. Se trata de construir un sistema productivo moderno con raíces culturales profundas, donde las comunidades sean protagonistas de las cadenas de valor de una bioeconomía amazónica competitiva, justa y climáticamente responsable.

Contribución y autoría

W.F.: se encargó de la conceptualización, investigación, redacción del borrador original, y revisión y edición del manuscrito final.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a las personas, comunidades e instituciones que contribuyeron al desarrollo del proyecto *Chakra Arajuno*, cuyos reconocimientos se detallan en el apartado general de agradecimientos de esta obra.

Financiamiento

La investigación presentada en este capítulo se desarrolló en el marco del proyecto *Chakra Arajuno*, financiado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y el Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana del Ecuador, a través del Fondo Alemán-Ecuatoriano, convocatoria 2020. El proyecto fue registrado en la Universidad Regional Amazónica Ikiam con el código BTR-007-2020.

La publicación en acceso abierto de este capítulo, como parte de la presente obra, fue financiada por la Fundación Pachamama con recursos provenientes de la Iniciativa Internacional de Noruega sobre Clima y Bosques (NICFI), administrados por la Agencia Noruega de Cooperación para el Desarrollo (Norad).

Declaración ética

Este estudio no involucró experimentación directa ni intervención clínica con seres humanos ni con animales por parte del autor, por lo que no se requirió la aprobación específica de un comité de ética institucional para su ejecución.

Uso de inteligencia artificial

La concepción del estudio, la redacción y revisión crítica del manuscrito, fueron realizados de manera autónoma por el autor, quien asume la responsabilidad plena por el contenido final del capítulo de libro.

Disponibilidad de datos

Los datos utilizados en esta investigación están disponibles a través del autor de correspondencia, previa solicitud razonable.

Conflicto de interés

El autor declara no tener ningún conflicto de interés de carácter financiero, académico o personal en relación con la realización, interpretación o publicación del presente trabajo de investigación.

Referencias

[1] J. Calderón Barrancos y C. H. R. da Silva, «Distintas amazonias: entendiendo los criterios para delimitar la amazonia en Bolivia», *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, pp. 1-17, 2019.

[2] J. M. Guayasamin *et al.*, «Evolution of Amazonian biodiversity», *Acta Amazon.*, vol. 54, n.º 1, p. e54bc21360, 2022, doi: http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392202103601.

[3] H. Sioli, «The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types», en *The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*, H. Sioli, Ed., Dordrecht, Países Bajos: Dr.W. Junk Publishers, 1984, pp. 127-165.

[4] Red Amazónica de Información socioambiental Georreferenciada RAISG, «Áreas protegidas y Territorios indígenas. Bosque estable 1985 - 2022». Accedido: 25 de agosto de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.raisg.org/es/publicacion/amazonia-2023-areas-protegidas-y-territorios-indigenas-bosque-estable/

[5] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, «Amazônia Legal». Accedido: 25 de agosto de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html

[6] C. F. Beveridge *et al.*, «The Andes-Amazon-Atlantic pathway: A foundational hydroclimate system for social-ecological system sustainability», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 121, n.º 22, p. e2306229121, 2024, doi: 10.1073/pnas.

[7] J. A. Marengo, «On the hydrological cycle of the amazon basin: a historical review and current state-of-the-art», *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol. 21, n.º 3, pp. 1-19, 2006.

[8] D. V. Spracklen y L. Garcia-Carreras, «The impact of Amazonian deforestation on Amazon basin rainfall», *Geophys. Res. Lett.*, vol. 42, n.º 21, pp. 9546-9552, 2015, doi: 10.1002/2015GL066063.

[9] M. Singh y X. Zhu, «Analysis of how the spatial and temporal patterns of fire and their bioclimatic and anthropogenic drivers vary across the Amazon

rainforest in El Niño and non-El Niño years», *PeerJ*, vol. 9, p. e12029, 2021, doi: 10.7717/peerj.12029.

[10] C. A. Nobre, «Positive tipping points for Amazonia: the urgent need for forest solutions through innovation», *MOJ Ecology & Environmental Sciences*, vol. 10, n.º 1, pp. 5-6, 2025, doi: 10.15406/mojes.2025.10.00339.

[11] RAISG, *Deforestación en la Amazonía al 2025 bajo un enfoque de accesibilidad al bosque. Pasado y Futuro de la Deforestación en la Amazonía*. Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada, 2022.

[12] O. Viteri-Salazar y L. Toledo, «The expansion of the agricultural frontier in the northern Amazon region of Ecuador, 2000-2011: Process, causes, and impact», *Land use policy*, vol. 99, p. 104986, 2020, doi: 10.1016/j.landusepol.2020.104986.

[13] L. A. Cisneros, F. Mamani, F. Montalván, V. Biffi, y E. Gutiérrez, «Sobre los conocimientos, experiencias y buenas prácticas de los pueblos indígenas relacionados al cambio climático para la plataforma regional amazónica de pueblos indígenas y cambio climático de la OTCA», Brasilia, 2025.

[14] W. Franco y S. Álvarez Solas, «La Biodiversidad de la Amazonía Ecuatoriana y su relevancia global: ¿Podrán ser detenidos los procesos que conducen a su degradación y extinción?», en *Investigación y Desarrollo- Cooperación Español con el Sistema de Investigación, Desarrollo e Innovación en Ecuador*, D. Salgado y M. A. O. V, Eds., Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), 2019, pp. 117-133. [En línea]. Disponible en: https://publicacionesoficiales.boe.es

[15] H. D. Eva y O. Huber, *a Proposal for defining the geographical boundaries of Amazonia*. Roma, Italia: Official Publications of the European Communities, 2005.

[16] M. Cabrera *et al.*, «Effects of intensive agriculture and urbanization on water quality and pesticide risks in freshwater ecosystems of the Ecuadorian Amazon», *Chemosphere*, vol. 337, p. 139286, 2023, doi: 10.1016/j.chemosphere.2023.139286.

[17] C. Vasco, B. Torres, E. Jácome, A. Torres, D. Eche, y C. Velasco, «Use of chemical fertilizers and pesticides in frontier areas: A case study in the Northern Ecuadorian Amazon», *Land use policy*, vol. 107, p. 105490, 2021, doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105490.

[18] S. López, «Deforestation, forest degradation, and land use dynamics in the Northeastern Ecuadorian Amazon», *Applied Geography*, vol. 145, p. 102749, 2022, doi: 10.1016/j.apgeog.2022.102749.

[19] Secretaría Técnica de la Circunscripción Territorial Especial Amazónica, «Plan Integral para la Amazonía 2021 - 2035», Puyo, 2021. doi: 10.36901/allpanchis.v27i45.735.

[20] D. N. Lopes y S. Tsuyuki, «Deforestation and forest degradation detection in the brazilian amazon: a comparative analysis of two areas and their conservation units», *Applied Sciences*, vol. 14, p. 10504, 2024, doi: 10.3390/app142210504.

[21] N. B. R. Briceño, E. B. Castillo, J. L. M. Quintana, S. M. O. Cruz, y R. S. López, «Deforestation in the peruvian Amazon: Indexes of Land Cover/Land Use (LC/LU) changes based on GIS», *Boletin de la Asociacion de Geografos Espanoles*, vol. 81, n.º 2538, pp. 1-34, 2019, doi: 10.21138/bage.2538a.

[22] C. R. Clement *et al.*, «The domestication of amazonia before european conquest», *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 282, p. 20150813, 2015, doi: 10.1098/rspb.2015.0813.

[23] M. B. Bush, D. R. Piperno, y P. A. Colinvaux, «A 6,000 year history of Amazonian maize cultivation», *Nature*, vol. 340, pp. 303-305, 1989, doi: 10.1038/340303a0.

[24] B. T. Gomes *et al.*, «Late Holocene multiphasic use and occupation around a western Amazonian Lake», *Quat. Sci. Rev.*, vol. 359, p. 109387, jul. 2025, doi: 10.1016/j.quascirev.2025.109387.

[25] A. Constantine, «The early settlement of continental ecuador: New evidence from preceramic sites in the tropical rain forest», *Quaternary International*, vol. 317, pp. 112-117, 2013, doi: 10.1016/j.quaint.2013.10.010.

[26] M. F. Ugalde, «Entre el contrato y el olvido La arqueología de la ribera del Napo», *Revista del Patrimonio Cultural del Ecuador*, vol. 2, n.º 6, 2014.

[27] M. S. Solórzano-Venegas, «Cronología absoluta para el análisis diacrónico de ocupación del sitio arqueológico Pashimbi, alta Amazonía ecuatoriana.», *Arqueología Iberoamericana*, vol. 47, pp. 3-17, 2021.

[28] J. Arellano, «Panorama de los riesgos medioambientales durante el período de integración (500 a 1500 d.C) en el Norte de la Amazonía de Ecuador», *Bol. Antropol.*, vol. 34, n.º 57, pp. 45-71, 2019, doi: 10.17533/udea.boan.v34n57a03.

[29] S. Rostain, «Tolas, terrazas y casas: arqueología del valle del Upano», *Revista Ecuatoriana de Arqueología y Paleontología*, vol. 1, pp. 1-20, 2023.

[30] S. Rostain y G. de Saulieu, *Antes: arqueología de la Amazonía ecuatoriana*. Quito, Ecuador: Instituto Francés de Estudios Andinos, 2013. doi: 10.4000/books.irdeditions.17970.

[31] D. R. Piperno *et al.*, «A 5,000-year vegetation and fire history for tierra firme forests in the Medio Putumayo-Algodón watersheds, northeastern Peru», *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 118, n.º 40, p. e2022213118, 2021, doi: 10.1073/pnas.2022213118.

[32] C. H. McMichael *et al.*, «Sparse pre-Columbian human habitation in Western Amazonia», *Science (1979).*, vol. 336, n.º 6087, pp. 1429-1431, 2012, doi: 10.1126/science.1219982.

[33] J. M. Capriles, U. Lombardo, B. Maley, C. Zuna, H. Veit, y D. J. Kennett, «Persistent Early to Middle Holocene tropical foraging in southwestern Amazonia», *Sci. Adv.*, vol. 5, p. eaav5449, 2019, doi: 10.1126/sciadv.aav5449.

[34] C. Levis *et al.*, «Persistent effects of pre-Columbian plant domestication on Amazonian forest composition», *Science (1979).*, vol. 355, pp. 925-931, 2017, doi: 10.1126/science.aan8347.

[35] W. Balée, *Ka'apor Ethnobotany: the historical eEcology of plant utilization by an Amazonian people*, vol. 17. New York: Columbia University Press, 1385.

[36] W. Balée, «The research program of historical ecology», *Annu. Rev. Anthropol.*, vol. 35, pp. 75-98, 2006, doi: 10.1146/annurev.anthro.35.081705.123231.

[37] W. Balée, *Cultural Forests of the Amazon: A historical ecology of people and their landscapes*. Tuscaloosa: The University of Alabama Press, 2013.

[38] W. Balée y C. L. Crumley, *Time and complexity in historical ecology: Studies in the Neotropical Lowlands*. New York: Columbia University Press, 2005.

[39] P. M. Fearnside, «Deforestation in brazilian amazonia: History, rates, and consequences», *Conservation Biology*, vol. 19, n.º 3, pp. 680-688, 2005, doi: 10.1111/j.1523-1739.2005.00697.x.

[40] T. K. Rudel y B. Horowitz, *Tropical deforestation: Small farmers and land clearing in the Ecuadorian amazon*. Nueva York: Columbia University Press, 1993.

[41] L. Rival, *Huaorani: Transformations in twenty-first-century Ecuador*. Tucson: The University of Arizona Press, 2016.

[42] S. Sawyer, *Crude chronicles: Indigenous politics, multinational oils, and neoliberalism in Ecuador*. Duke University Press, 2004.

[43] M. B. Holland, F. de Koning, M. Morales, L. Naughton-Treves, B. E. Robinson, y L. Suárez, «Complex tenure and deforestation: Implications for conservation incentives in the Ecuadorian Amazon», *World Dev.*, vol. 55, pp. 21-36, 2014, doi: 10.1016/j.worlddev.2013.01.012.

[44] R. Wasserstrom y D. Southgate, «Deforestation, Agrarian Reform and oil development in Ecuador, 1964-1994», *Natural Resources*, vol. 4, n.º 1, pp. 31-44, 2013, doi: 10.4236/nr.2013.41004.

[45] S. Espinosa, L. C. Branch, y R. Cueva, «Road development and the geography of hunting by an amazonian indigenous group: Consequences for wildlife conservation», *PLoS One*, vol. 9, p. e114916, 2014, doi: 10.1371/journal.pone.0114916.

[46] T. Veintie, J. Hohenthal, K. Betancourt Machoa, y A. Sirén, «The (im)possibilities of education in Amazonia: assessing the resilience of intercultural bilingual education in the midst of multiple crises», *Diaspora, Indigenous, and Minority Education*, vol. 16, n.º 4, pp. 259-272, 2022, doi: 10.1080/15595692.2021.2015317.

[47] UNDP, «Sustainable Development of the Ecuadorian Amazon: integrated management of multiple use landscapes and high value conservation forests», Quito, Ecuador, 2019.

[48] E. Berenguera *et al.*, «Drivers and ecological impacts of deforestation and forest degradation», en *Science Panel for the Amazon, Amazon Assessment Report 2021*, C. Nobre, A. Encalada, E. Anderson, F. H. Roca Alcazar, M. Bustamante, C. Mena, M. Peña-Claros, G. Poveda, G. Zapata, et al., Eds., Nueva York: Science Panel for the Amazon, 2021, pp. 1-9.

[49] W. Pan, D. Carr, A. Barbieri, R. Bilsborrow, y C. Suchindran, «Forest clearing in the Ecuadorian Amazon: A study of patterns over space and time», *Popul. Res. Policy Rev.*, vol. 26, n.º 5-6, pp. 635-659, 2007, doi: 10.1007/s11113-007-9045-6.

[50] C. F. Mena, F. Lasso, P. Martinez, y C. Sampedro, «Modeling road building, deforestation and carbon emissions due deforestation in the Ecuadorian Amazon: the potential impact of oil frontier growth», *J. Land Use Sci.*, vol. 12, n.º 6, pp. 477-492, 2017, doi: 10.1080/1747423X.2017.1404648.

[51] C. Eugenio *et al.*, «Environmental impacts of oil extraction in blocks 16 and 67 of the Yasuní Reserve in the Amazonian Forest: Combined qualitative and Life-Cycle Assessment», *Science of the Total Environment*, vol. 950, p. 175189, 2024, doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.175189.

[52] R. L. Chazdon, «Tropical forest recovery: Legacies of human impact and natural disturbances», *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.*, vol. 6, n.º 1-2, pp. 51-71, 2003, doi: htpps://doi.org/10.1078/1433-8319-00042.

[53] P. M. Fearnside, «Deforestación en la Amazonía brasileña: Historia, tasas y consecuencias», *Conservation Biology*, vol. 19, n.º 3, pp. 680-688, 2005, [En línea]. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00697.x

[54] V. H. A. Heinrich *et al.*, «Large carbon sink potential of secondary forests in the Brazilian Amazon to mitigate climate change», *Nat. Commun.*, vol. 12, p. 1785, 2021, doi: 10.1038/s41467-021-22050-1.

[55] C. Levis *et al.*, «How people domesticated Amazonian forests», *Front. Ecol. Evol.*, vol. 5, p. 171, 2018, doi: 10.3389/fevo.2017.00171.

[56] C. Coral-Guerrero, A. Espinosa, W. Vásquez-Castillo, D. Patricio, y L. Vargas, «Chakra system in the ecuadorian Amazon: A space of global transformations», *Journal of Cultural Analysis and Social Change*, vol. 11, n.º 1, pp. 2263-2275, 2026.

[57] Corporación de Asociaciones de la Chakra Amazónica, «La Chakra Amazónica, un sistema agroforestal tradicional gestionado por comunidades indígenas en la provincia de Napo - Ecuador.», 2023.

[58] R. Vera-Velez y R. Ramos-Veintimilla, «Diversity and environmental challenges in the ecuadorian Amazon: Integrating agriculture and conservation in the face of deforestation», *Diversity (Basel).*, vol. 17, p. 792, 2025, doi: 10.3390/d17110792.

[59] W. M. Denevan, *Cultivated landscapes of native Amazonia and the Andes*. Oxford: Oxford University Press, 2001. doi: https://doi.org/10.1093/oso/9780198234074.001.0001.

[60] L. Rival, *Trekking through history the Huaorani of amazonian Ecuador*. Chichester: Columbia University Press, 2002. doi: https://doi.org/10.7312/riva11844.

[61] P. Schlotzhauer y B. Torres Navarrete, «Análisis de la cadena de producción y comercialización de madera en pequeños productores de la Amazonía Ecuatoriana», en *Gente, Bosque y Biodiversidad: El rol del bosque sobre la biodiversidad y las poblaciones rurales*, B. Torres, J. C. Vargas, Y. Arteaga, A. Torres, y P. Lozano, Eds., Puyo, Ecuador: Programa Economía de Recursos Naturales y Desarrollo Empresarial, 2017, pp. 159-176.

[62] R. López-Tobar, F. García Robredo, y B. Torres, «Tipología de especies maderables comerciales y potencial económico de su aprovechamiento en la Amazonía ecuatoriana», *Colombia Forestal*, vol. 29, n.º 1, p. e23680, 2026.

[63] A. Verissimo, P. Barreto, M. Mattos, R. Tarifa, y C. Uhl, «Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: The case of Paragominas», *For. Ecol. Manage.*, vol. 55, n.º 1-4, pp. 169-199, 1992, doi: htpps://doi.org/10.1016/0378-1127(92)90099-U.

[64] C. Schulz, A. A. R. Ioris, J. Martin-Ortega, y K. Glenk, «Prospects for Payments for Ecosystem Services in the Brazilian Pantanal: A Scenario Analysis», *Journal of Environment and Development*, vol. 24, n.º 1, pp. 26-53, 2015, doi: https://doi.org/10.1177/1070496514548580.

[65] I. F. Palacios Orejuela, B. S. Castro Benavides, y F. Rodríguez Espinosa, «Almacenamiento de carbono como servicio ambiental en tres Reservas Naturales del Ecuador», *Geoespacial*, vol. 16, n.º 1, pp. 1-14, 2019.

[66] L. Poorter *et al.*, «Biomass resilience of Neotropical secondary forests», *Nature*, vol. 530, n.º 7589, pp. 211-214, 2016, doi: 10.1038/nature16512.

[67] R. L. Chazdon *et al.*, «Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics», *Sci. Adv.*, vol. 2, p. e1501639, 2016, doi: htpps://doi.org/10.1126/sciadv.1501639.

[68] M. N. Nascimento, T. F. N. Aukes, y C. N. H. McMichael, «Indigenous and colonial influences on Amazonian forests», *Plants People Planet*, vol. 6, pp. 803-823, 2024, doi: 10.1002/ppp3.10515.

[69] G. Larson *et al.*, «Current perspectives and the future of domestication studies», *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 111, n.º 17, pp. 6139-6146, 2014, doi: 10.1073/pnas.1323964111.

[70] I. Numata, K. Khand, J. Kjaersgaard, M. A. Cochrane, y S. S. Silva, «Forest evapotranspiration dynamics over a fragmented forest landscape under drought in southwestern Amazonia», *Agric. For. Meteorol.*, vol. 306, p. 108446, 2021, doi: 10.1016/j.agrformet.2021.108446.

[71] F. Michalski, C. A. Peres, y I. R. Lake, «Deforestation dynamics in a fragmented region of southern Amazonia: Evaluation and future scenarios», *Environ. Conserv.*, vol. 35, n.º 2, pp. 93-103, 2008, doi: 10.1017/S0376892908004864.

[72] P. M. Fearnside, «Deforestación en la Amazonía brasileña: Historia, tasas y consecuencias», *Conservation Biology*, vol. 19, n.º 3, pp. 680-688, 2005.

[73] W. F. Laurence y H. L. Vasconcelos, «Deforestation and forest fragmentation in the Amazon», en *Tropical Biology and Conservation Management*, vol. 2, K. Del Claro, P. S. Oliveira, y V. Rico-Gray, Eds., UNESCO-EOLSS, 2009, pp. 23-28.

[74] C. Coral, W. Bokelmann, M. Bonatti, R. Carcamo, y S. Sieber, «Understanding institutional change mechanisms for land use: Lessons from Ecuador's history», *Land use policy*, vol. 108, p. 105530, 2021, doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105530.

[75] M. Finer, C. N. Jenkins, S. L. Pimm, B. Keane, y C. Ross, «Oil and gas projects in the Western Amazon: Threats to wilderness, biodiversity, and indigenous peoples», *PLoS One*, vol. 3, n.º 8, p. e2932, 2008, doi: 10.1371/journal.pone.0002932.

[76] Global Forest Watch, «Monitoreo de bosques diseñado para la acción».

[77] T. K. Rudel, R. Defries, G. P. Asner, y W. F. Laurance, «Changing drivers of deforestation and new opportunities for conservation», *Conservation Biology*, vol. 23, n.º 6, pp. 1396-1405, 2009, doi: 10.1111/j.1523-1739.2009.01332.x.

[78] R. Sierra, *Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010 y un acercamiento a los próximos 10 años*. Quito, Ecuador: Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends, 2013.

[79] P. S. Jarrín Valladares, L. Tapia Carrillo, y G. Zamora, «Demografía y transformación territorial: medio siglo de cambio en la región amazónica de Ecuador», *Eutopía. Revista de Desarrollo Económico Territorial*, n.º 12, pp. 81-100, 2017, doi: 10.17141/eutopia.12.2017.2913.

[80] R. Wasserstrom y T. Bustamante, «Ethnicity, labor and indigenous Pppulations in the ecuadorian Amazon, 1822-2010», *Advances in Anthropology*, vol. 5, n.º 1, pp. 1-18, 2015, doi: 10.4236/aa.2015.51001.

[81] R. E. Bilsborrow, A. F. Barbieri, y W. Pan, «Changes in population and land use over time in the ecuadorian Amazon», *Acta Amazon.*, vol. 34, n.º 4, pp. 635-647, 2004.

[82] V. Mejia, D. Orellana, y P. Cabrera, «Cambio de uso de suelo en la Amazonía norte del Ecuador:un análisis a través de imágenes satelitales nocturnas VIIRS e imágenes LANDSAT», *Universidad-Verdad*, n.º 78, pp. 10-29, 2021, doi: 10.33324/uv.v1i1.355.

[83] E. C. Aviles Sacoto, A. S. Quezada Quezada, y J. D. Sevilla Tapia, «Estimación de la Tasa de Deforestación en Pastaza y Orellana-ecuador a Través del Análisis Multi Temporal de Imágenes Satelitales desde el 2000 al 2020», en *VI Congreso Internacional de Ambiental y Forestal*, 2022.

[84] H. Pérez Hernández y M. Pérez Sato, «Does the oil palm (Elaeis guineensis) generate a negative impact on the soil? A review», *Agronomia Mesoamericana*, vol. 34, n.º 1, p. 50301, 2023, doi: https://doi.org/10.15517/am.v34i1.50301.

[85] J. L. Rivera-Parra, C. Vizcarra, K. Mora, H. Mayorga, y J. C. Dueñas, «Spatial distribution of oil spills in the north eastern Ecuadorian Amazon: A comprehensive review of possible threats», *Biol. Conserv.*, vol. 252, p. 108820, 2020, doi: 10.1016/j.biocon.2020.108820.

[86] A. P. Sales, «Agricultural frontiers and environment: a systematic literature review and research agenda for Emerging Countries», *Environ. Dev. Sustain.*, vol. 27, n.º 2, pp. 2789-2814, 2025, doi: 10.1007/s10668-023-04030-1.

[87] R. M. Estévez Reboredo y J. Sánchez de Lollano, «El engorde del ganado español en el siglo XX: Los modificadores metabólicos, cara y cruz de una panacea», *Hist. Agrar.*, n.º 87, pp. 161-189, 2022, doi: https://doi.org/10.26882/histagrar.087e08e.

[88] V. Novotny, «Diffuse pollution from agriculture - a worldwide outlook», *Water Science & Technology*, vol. 39, n.º 3, pp. 1-13, 1999, doi: https://doi.org/10.2166/wst.1999.0124.

[89] W. S. Walker *et al.*, «The role of forest conversion, degradation, and disturbance in the carbon dynamics of Amazon indigenous territories and protected areas», *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 117, n.º 6, pp. 3015-3025, 2020, doi: 10.1073/pnas.1913321117.

[90] P. Pereira, D. Barceló, y P. Panagos, «Soil and water threats in a changing environment», *Environ. Res.*, vol. 186, p. 109501, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109501.

[91] A. E. B. Lacerda, «Sustainability of shade-grown erva-mate production: a management framework for forest conservation», *Conservation*, vol. 3, pp. 394-410, 2023, doi: 10.3390/conservation3030027.

[92] A. Barros Rodríguez, P. Rangseekaew, K. Lasudee, W. Pathom Aree, y M. Manzanera, «Impacts of agriculture on the environment and soil», *Plants*, vol. 10, p. 2325, 2021.

[93] O. Rushchitskaya, E. Kulikova, A. Ruchkin, y T. Kruzhkova, «Navigating the nexus: Sustainable integration of agro-industrial complexes into global agribusiness ecosystems», en *E3S Web of Conferences*, 2024, p. 03004. doi: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454203004.

[94] T. Perreault, «Making space: Community organization, agrarian change, and the politics of scale in the Ecuadorian Amazon», *Lat. Am. Perspect.*, vol. 30, n.º 1, pp. 96-121, ene. 2003, doi: 10.1177/0094582X02239146.

[95] M. Hiraoka y S. Yamamoto, «Agricultural development in the Upper Amazon of Ecuador», *Geogr. Rev.*, vol. 70, n.º 4, p. 423, oct. 1980, doi: 10.2307/214077.

[96] H. Sophary y H. Sarun, «Carbon Emissions from Deforestation and Forest Degradation : Processes , Drivers , and Emission Factors», *Journal of Agriculture and Environment*, vol. 13, pp. 98-110, 2026.

[97] H. Mo y Z. Xiao, «A systematic review and synthesis of trade offs and synergies among watershed ecosystem services», *Discover Environment*, vol. 4, p. 27, 2026, doi: 10.1007/s44274-026-00531-8.

[98] D. Faria *et al.*, «The breakdown of ecosystem functionality driven by deforestation in a global biodiversity hotspot», *Biol. Conserv.*, vol. 283, p. 110126, jul. 2023, doi: 10.1016/j.biocon.2023.110126.

[99] E. Berenguer *et al.*, *Drivers and ecological impacts of deforestation and forest degradation in the Amazon*, vol. 54, n.º Special 1. 2024.

[100] R. Beuchle, C. Bourgoin, J. Carreiras, V. Heinrich, y F. Achard, *Deforestation and Forest Degradation in the Amazon-Update for year 2023 and assessment of humid forest regrowth*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2025. doi: 10.2760/7304684.

[101] S. A. Guamán Rivera *et al.*, «Silvopastoral Systems: a Sustainable Livestock Farming Strategy for the Ecuadorian Amazon», *Journal of Lifestyle and SDGs Review*, vol. 5, n.º 3, pp. 1-19, 2025, doi: 10.47172/2965-730x.sdgsreview.v5.n03.pe04928.

[102] G. M. Ati, E. A. Muñoz, D. A. Vistin, y G. Y. Balseca, «Guidelines for the conservation of subnival wet grassland plant formation of the Moor, 'Rio Blanco' in the Chimborazo Fauna Production Reserve», en *ESPOCH Congresses:*

The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M., 2021, pp. 84-101. doi: 10.18502/espoch.v1i1.9551.

[103] C. M. Pérez-Cubillos, «El conocimiento tradicional ecológico indígena y su papel en el blindaje de territorios étnicos y en el ordenamiento territorial de Leticia, Amazonas-Colombia», *Espacio y Desarrollo*, vol. 113, n.º 39, pp. 1-35, 2022, doi: 10.18800/espacioydesarrollo.202201.004.

[104] M. Heredia-R, B. Torres, J. Cayambe, N. Ramos, M. Luna, y C. G. H. Diaz-Ambrona, «Sustainability assessment of smallholder agroforestry indigenous farming in the Amazon: A case study of Ecuadorian Kichwas», *Agronomy*, vol. 10, p. 1973, 2020, doi: 10.3390/agronomy10121973.

[105] O. Viteri Salazar, J. Ramos-Martín, y P. L. Lomas, «Livelihood sustainability assessment of coffee and cocoa producers in the Amazon region of Ecuador using household types», *J. Rural Stud.*, vol. 62, pp. 1-9, 2018, doi: 10.1016/j.jrurstud.2018.06.004.

[106] C. A. Nieto-Cañarte, J. H. Macías-Suárez, V. M. Guamán-Sarango, y B. A. Burgos-Carpio, «Condiciones edafoclimáticas actuales y futuras para establecimiento de la balsa (Ochroma ssp.) con pastos en el Oriente Ecuatoriano», *Revista de Climatología*, vol. 23, pp. 167-178, 2023, doi: 10.59427/rcli/2023/v23.167-178.

[107] C. Caicedo-Vargas, D. Pérez-Neira, J. Abad-González, y D. Gallar, «Agroecology as a means to improve energy metabolism and economic management in smallholder cocoa farmers in the Ecuadorian Amazon», *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 41, pp. 201-212, 2023, doi: 10.1016/j.spc.2023.08.005.

[108] C. V. Tamayo Ortiz, D. A. Cepeda Bastidas, G. F. Sevillano Vásquez, K. B. Cisneros Quilligana, y D. E. Montesdeoca Chulde, «Estrategias campesinas de sobrevivencia en agroecosistemas alto-andinos», *Siembra*, vol. 10, n.º 2, p. e4520, 2023, doi: 10.29166/siembra.v10i2.4520.

[109] S. Zarrillo *et al.*, «The use and domestication of Theobroma cacao during the mid-Holocene in the upper Amazon», *Nat. Ecol. Evol.*, vol. 2, n.º 12, pp. 1879-1888, oct. 2018, doi: 10.1038/s41559-018-0697-x.

[110] W. S. Walker *et al.*, «The role of forest conversion, degradation, and disturbance in the carbon dynamics of Amazon indigenous territories and protected areas», *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 117, n.º 6, pp. 3015-3025, 2020, doi: 10.1073/pnas.1913321117.

[111] T. Perreault, «Why Chacras (Swidden Gardens) persist: Agrobiodiversity, food security, and cultural identity in the Ecuadorian Amazon», *Hum. Organ.*, vol. 64, n.º 4, pp. 327-339, dic. 2005, doi: 10.17730/humo.64.4.e6tymmka388rmybt.

[112] M.-J. Viejó-Bautista, A. Higuchi, y D. Coq-Huelva, «Food, monetary, energy, and socio-environmental features of a post-cacao agroforestry system in the

Ecuadorian Amazonia: the case of Rukullakta», *Agroforestry Systems*, vol. 99, n.º 6, p. 171, ago. 2025, doi: 10.1007/s10457-025-01243-3.

[113] B. Torres, M. Luna, C. Tipán-Torres, P. Ramírez, J. C. Muñoz, y A. García, «A Simplified Integrative Approach to Assessing Productive Sustainability and Livelihoods in the "Amazonian Chakra" in Ecuador», *Land (Basel).*, vol. 13, n.º 12, p. 2247, dic. 2024, doi: 10.3390/land13122247.

[114] S. Zent y E. Zent, «Jodï horticultural belief, knowledge and practice: incipient or integral cultivation?», *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, vol. 7, n.º 2, pp. 293-338, ago. 2012, doi: 10.1590/S1981-81222012000200003.

[115] H. Limulja, «Notas sobre os Sonhos Yanomami», *Revista de Antropologia*, vol. 65, n.º 3, p. e197980, nov. 2022, doi: 10.11606/1678-9857.ra.2022.197980.

[116] B. Albert y W. Milliken, *Urihi A: A terra-floresta Yanomami*. São Paulo: Institut de Recherche pour le Développement (IRD), 2009.

[117] T. Perreault, «Why chacras (Swidden Gardens) persist: Agrobiodiversity, food security, and cultural identity in the Ecuadorian Amazon», *Hum. Organ.*, vol. 64, n.º 4, pp. 327-339, dic. 2005, doi: 10.17730/humo.64.4.e6tymmka388rmybt.

[118] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), «The Paris Agreement», 2016. doi: 10.1038/127600a0.

[119] FAO, «Aspirational principles and criteria for a sustainable bioeconomy», Roma, 2021.

[120] Comisión Europea, *A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2018. doi: 10.2777/478385.

[121] D. Coq-Huelva, A. Higuchi, R. Alfalla-Luque, R. Burgos-Morán, y R. Arias-Gutiérrez, «Co-evolution and bio-social construction: The kichwa agroforestry systems (Chakras) in the ecuadorian amazonia», *Sustainability*, vol. 9, n.º 10, pp. 1-19, 2017, doi: 10.3390/su9101920.

[122] F. Basantes y J. Aragón, «Agronegocios derivados de la agricultura familiar "chacra rural"», en *Sembrando vida y cultura Las Chacras como espacios multifuncionales en comunidades indígenas andinas Caso: Fakcha Llakta, Otavalo, Ecuador*, J. R. Aranguren Carrera y J. A. Moncada Rangel, Eds., Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2018, pp. 170-188.

[123] S. Bhandari, S. Paudel, y S. Upadhaya, «Socio-Economic and Environmental Benefits of Agroforestry and Its Multilevel Barriers to Adoption: A Systematic Review», *Sustainability (Switzerland)*, vol. 18, n.º 1, 2026, doi: 10.3390/su18010005.

[124] S. Hecht *et al.*, «Amazon in Motion: Changing politics, development strategies, peoples, landscapes, and livelihoods», *Amazon Assessment Report 2021*, vol. 54, n.º Special 1, p. e54hu22306, 2021, doi: 10.55161/nhrc6427.

[125] P. Pacheco, «Agrarian reform in the brazilian Amazon: Its implications for land distribution and deforestation», *World Dev.*, vol. 37, n.º 8, pp. 1337-1347, 2009, doi: 10.1016/j.worlddev.2008.08.019.

[126] United Nations Development Programme, «Union of Farmer and Indigenous Organizations of Cotacachi (UNORCAC), Ecuador», Nueva York, 2012.

[127] E. García, Y. Coronado, G. Carmona-Arroyo, y M. de la Torre, «Strengthening agricultural sustainability for indigenous communities through self-managed social enterprises arising from their needs», *Sustainability*, vol. 17, p. 5833, 2025, doi: 10.3390/su17135833.

[128] M. Valdivia-díaz, J. François, L. Coq, y P. Daza, «Roadmap for the scaling up of agroecology in Ecuador», 2022.

Descargo de responsabilidad

Los libros y capítulos de libros publicados en la Editorial Unión Científica representan únicamente las opiniones de los autores. La Editorial Unión Científica, su equipo editorial y sus revisores no se hacen responsables del contenido, las interpretaciones o las consecuencias derivadas de la aplicación de los métodos o conclusiones incluidos en los trabajos. Todas las publicaciones se rigen por las políticas éticas de la editorial.