




## **Análisis de los teleacoplamientos asociados al paisaje productivo de Cajón de Pérez Zeledón, Costa Rica (1997–2021)**

### *Analysis of Telecouplings Associated with the Productive Landscape of Cajón de Pérez Zeledón, Costa Rica (1997–2021)*

**Céspedes-Rivera, Yonner Manuel<sup>1</sup>** 

<sup>1</sup>Universidad de Costa Rica (UCR). Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA). Facultad de Ciencias Agroalimentarias. San José, Costa Rica.

[yonner.cespedes@ucr.ac.cr](mailto:yonner.cespedes@ucr.ac.cr)

**Espinoza-Cisneros, Edgar<sup>2</sup>** 

<sup>2</sup>Universidad de Costa Rica (UCR). Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Sociales. San José, Costa Rica.

[edgar.espinoza@ucr.ac.cr](mailto:edgar.espinoza@ucr.ac.cr)

Recibido: 26/08/2025

Aceptado: 03/11/2025

#### **RESUMEN**

En las ciencias de la sostenibilidad ha cobrado creciente atención el estudio de interacciones distantes en sistemas socioecológicos. El concepto de teleacoplamiento busca representar estas relaciones y su multiescalaridad. Este artículo explora tres procesos de teleacoplamiento vinculados a transformaciones en el paisaje productivo del distrito Cajón, Costa Rica, caracterizado por su dependencia de actividades agropecuarias y su rol de amortiguamiento de áreas protegidas. Se aplicó un análisis multitemporal de imágenes satelitales, complementado con la aplicación conceptual sistemática del marco de los teleacoplamientos. Se identificó un cambio significativo en el paisaje asociado al teleacoplamiento de piña. El teleacoplamiento del café continúa vigente, aunque debilitado por factores climáticos y de mercado. También hubo un cambio importante relacionado con la caña de azúcar, de carácter más doméstico. Esta investigación representa una de las primeras aplicaciones explícitas del marco de los teleacoplamientos en Costa Rica y ayuda a comprender transformaciones rurales para la planificación territorial<sup>1</sup>.

**Palabras clave:** Cambio paisajístico; Dinámicas multiescales; Geografía rural; Sistemas socioecológicos; Sostenibilidad.

#### **ABSTRACT**

In sustainability science, increasing attention has been given to the study of distant interactions in socio-ecological systems. The concept of telecoupling aims to represent such relationships and multi-scalar nature. This article explores three telecoupling processes linked to transformations in the productive landscape of Cajón district, Costa Rica, characterized by its dependence on agricultural activities and its buffering role for protected areas. A multitemporal analysis of satellite imagery was applied, complemented by the systematic conceptual application of the telecoupling framework. Significant landscape change was identified related to the pineapple telecoupling. The telecoupling associated with coffee remains, although weakened by climate-related and market dynamics. An important change was also observed in relation to sugarcane cultivation, though it reflects a more domestic form of telecoupling. This study represents one of the first explicit applications of the telecoupling framework in Costa Rica and helps understand rural transformations for territorial planning.

**Keywords:** Landscape change; Multi-scalar dynamics; Rural geography; Socio-ecological systems; Sustainability.



## **1. Introducción**

La región Brunca en la zona sur de Costa Rica es un espacio de contrastes. Por un lado, es una de las zonas más biodiversas del mundo, con abundantes recursos naturales y alto potencial turístico y de generación de energía hidroeléctrica. Por el otro lado, es una de las regiones con más necesidades socioeconómicas; sus tasas de pobreza y de desempleo están entre las más altas del país (30% y 13.5% respectivamente) ([Morales Aguilar y Fernández Montero, 2022](#)).

En parte para atender estas necesidades, la región ha experimentado procesos acelerados de cambio de uso de la tierra desde la década de los setenta, particularmente con la consolidación de cultivos como el café, la caña, la palma aceitera, y más recientemente, la piña ([Sauma Fiatt, 2015](#); [Fallas Hidalgo et al., 2006](#)). Derivadas de las dinámicas de una mayor globalización económica, estas transformaciones en estos paisajes han sido un desafío para la planificación territorial en la región, debido al carácter difuso y distante de sus impulsores.

Con especial enfoque en estas influencias distantes, en este artículo se exploran los cambios espaciotemporales en los paisajes productivos de un distrito en la región Brunca de Costa Rica, utilizando un marco analítico-conceptual para tal fin. El análisis se hace para el periodo 1997-2021, que en esta zona marcó una transición de cultivos de subsistencia hacia unos con mayor demanda de mercado, especialmente a nivel internacional. El propósito es comprender mejor las dinámicas multiescalares de cambio en paisajes rurales como insumo para la planificación territorial rural.

## **2. Antecedentes y marco teórico**

A lo largo de la historia, el ser humano ha modificado el paisaje a diversos grados o intensidades y para diferentes propósitos. Sin embargo, particularmente con la aparición de la agricultura hace aproximadamente 10.000 años, comenzó a producirse un cambio drástico en la magnitud de las dinámicas de cambio de uso de la tierra ([Sagan et al., 1979](#)), al punto de que los efectos acumulativos de esas modificaciones empezaron a alterar los sistemas y procesos globales ([Meyer y Turner, 1992](#); [Kummer y Turner, 1994](#); [Lambin et al., 2001](#); [Ruddiman, 2003](#)). En efecto, muchas investigaciones han documentado los impactos multiescalares de los cambios de uso y cobertura de la tierra, incluyendo alteraciones en los intercambios de energía entre la superficie y la atmósfera ([Vitousek, 1994](#); [Lambin & Geist, 2006](#)), emisiones de gases de efecto invernadero ([Intergovernmental Panel on Climate Change \[IPCC\], 2023](#)), efectos sobre los ciclos biogeoquímicos ([Woodwell et al., 1983](#); [Vitousek, 1994](#)), pérdida de biodiversidad ([Saunders et al., 1991](#); [Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services \[IPBES\], 2019](#)), degradación del suelo y desertificación ([Kummer y Turner, 1994](#); [Trimble y Crosson, 2000](#)), así como la vulnerabilidad de lugares y personas ([Eakin et al., 2009](#); [Green et al., 2020](#)). También, ha habido un énfasis reciente en entender los factores cognitivos detrás de la toma de decisiones en el manejo de la tierra ([Meyfroidt, 2013](#); [Espinoza-Cisneros, 2020](#)), así como también en la formulación de marcos analítico-conceptuales más exhaustivos, pero a su vez simplificados, sobre los componentes y factores que inciden en los procesos de transformación de la tierra ([Geist y Lambin, 2002](#); [Barbier, et al., 2010](#); [Erb et al., 2013](#); [Clark y Harley, 2019](#); [Biggs et al., 2022](#); [Global Land Programme \[GLP\], 2024](#)).

Si bien muchas investigaciones sobre cambios en el uso y cobertura de la tierra se han centrado en la cuantificación de impactos, también ha habido avances importantes en el entendimiento de las causas y trayectorias del cambio, así como en teorizaciones sobre estas causas ([Meyfroidt et al., 2018](#); [Turner et al., 2020](#)). Un aporte más reciente a las investigaciones sobre sistemas terrestres ha sido la ampliación de la escala de análisis hacia un mejor entendimiento de influencias más distantes y complejas sobre los procesos de cambios ([\[GLP\], 2024](#)). Esto se ha representado bajo el concepto de los teleacoplamientos ([Friis et al., 2016](#); [Hull y Liu, 2018](#); [Liu et al., 2019](#)), el cual reconoce la complejidad inmanente de los sistemas socioecológicos y sus interconexiones distantes en el espacio y tiempo con otros sistemas o influencias. Inherentemente, el concepto de los teleacoplamientos invita a una comprensión más integrada y multidisciplinaria de las relaciones ser



humano-ambiente, ayudando a entender mejor la gama de factores a escalas amplias que influyen en procesos de cambio a escalas más finas. Esto es particularmente importante para examinar el efecto que podrían tener, por ejemplo, políticas supranacionales, tratados multilaterales, u otros mecanismos de gobernanza que inexorablemente entrelazan sistemas socioecológicos distantes (Bager et al., 2021). Por estas y otras razones, los teleacoplamientos constituyen un tema de investigación prioritario en las ciencias de la sostenibilidad (Clark y Harley, 2019; Liu, 2023; [GLP], 2024).

En esta línea, el marco de los teleacoplamientos (de ahora en adelante “MT”) (Liu et al., 2013; Hull y Liu, 2018; Liu et al., 2019) constituye una guía analítica-conceptual para el estudio de estos fenómenos. El marco se ha utilizado para analizar procesos diversos como migración y dispersión de especies de flora y fauna, turismo, flujos de comercio e inversiones, migración humana, transferencia de agua y flujos de residuos, entre otros (Kapsar et al., 2019). También, ha sido particularmente útil para comprender las dinámicas socioecológicas distantes asociadas a paisajes productivos, como el comercio de soya entre Brasil y China (McCord et al., 2018), los sistemas productivos de baja escala (Zimmerer et al., 2018; Dou et al., 2020), así como los impactos asociados a actividades productivas (Parra Paitan y Verburg, 2019; [GLP], 2024). Consideramos que estudios sobre cambios en paisajes productivos bajo el MT son importantes particularmente en países tropicales con amenazas de cambio de uso y cobertura de la tierra en ecosistemas frágiles de alta importancia socioecológica. A nuestro conocimiento, no existen investigaciones en Costa Rica que, de manera explícita y directa, analicen los cambios en paisajes productivos utilizando el MT.

### **3. Metodología**

#### **3.1 Sitio de estudio y su caracterización**

El área de estudio comprende el distrito Cajón, cantón Pérez Zeledón, Costa Rica (Figura 1). Históricamente, Pérez Zeledón ha sido un importante núcleo socioeconómico a nivel nacional, sirviendo además como principal centro poblacional de la región Brunca, en la zona Sur del país. También, Pérez Zeledón se caracteriza por su diversificación económica, que incluye servicios, turismo y sector primario como extracción de minerales y agricultura tanto de baja como de mediana escala. La agricultura, ganadería y pesca constituyen un 26.4% de las actividades productivas en el cantón, seguidas por el comercio con un 18.7%, la industria un 7.2% y la construcción con un 5.9% ( Instituto Nacional de Desarrollo Rural [INDER], 2016b). El último censo agropecuario del 2014 registró un total de 8,059 fincas en Pérez Zeledón, de las cuales un 46.7% eran de actividad agrícola (particularmente de café, caña de azúcar, granos básicos y piña). Por otra parte, la actividad pecuaria se reportó en un 46.9% del total de fincas del cantón ([INDER], 2016a). Es importante mencionar que no existe un plan regulador cantonal que favorezca la gestión territorial, lo que ha propiciado transformaciones en el uso de la tierra con efectos como fragmentación del paisaje, erosión de suelos y contaminación del recurso hídrico debido a la falta de planificación (Bonatti et al., 2005; Arauz-Beita y Arias-Navarro, 2016).

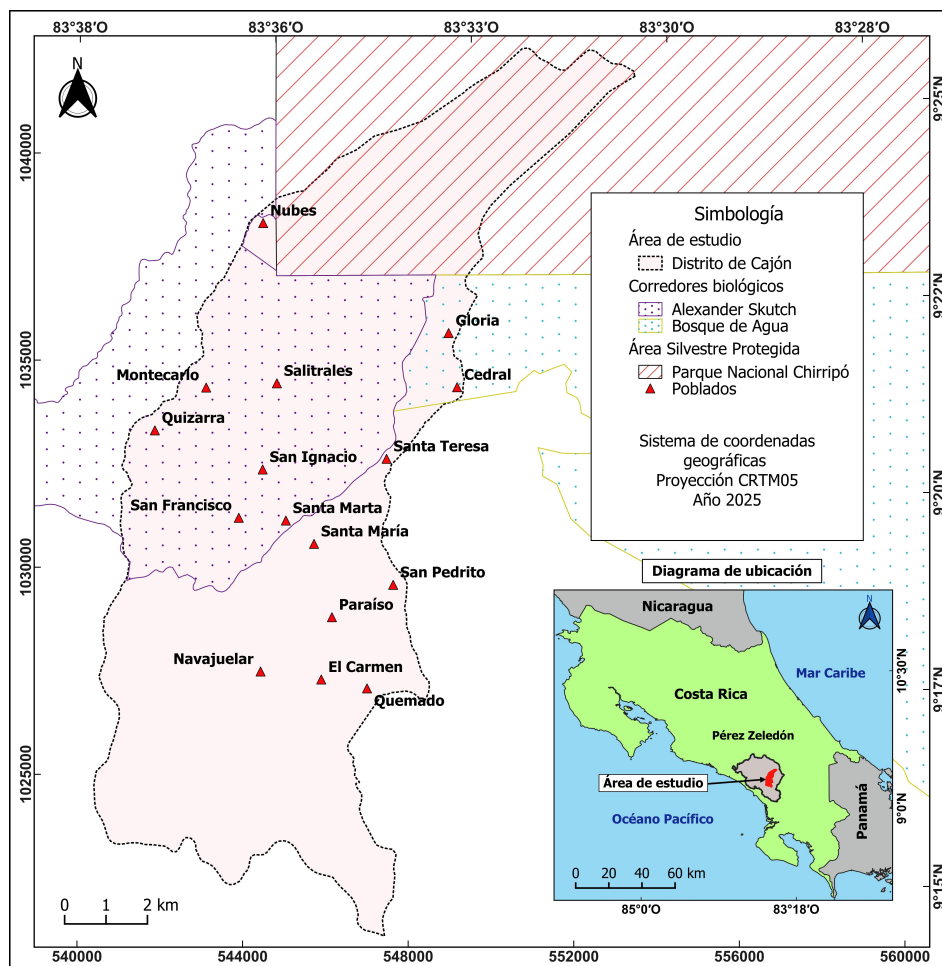


Figura 1. Mapa de referencia del distrito de Cajón, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Fuente: Adaptado de [Céspedes Rivera \(2023\)](#).

La comunidad principal y cabecera del distrito es El Carmen. La mayor parte del distrito es rural. Su área es de aproximadamente 11,886 ha., con una población aproximada de 11,026 personas según el último censo poblacional del 2022. En el área del distrito se encuentran siete zonas de vida según la clasificación de Holdridge ([Holdridge, 1967](#)), entre las que destaca el bosque muy húmedo premontano (46.8% del área), bosque pluvial premontano (30.1%) y bosque pluvial montano bajo (16.5%). La mayor parte de los suelos del distrito son del orden ultisol (89.6%), seguido del orden andisol (9.6%) y entisoles (1%). El distrito de Cajón es, además, parte de las zonas de amortiguamiento de áreas protegidas de alta importancia socioecológica como el Parque Nacional Chirripó y el Parque Internacional La Amistad. Como parte de las estrategias para fortalecer esta función de amortiguamiento, se han establecido tres corredores biológicos colindantes entre sí: el Alexander Skutch (6.010 ha), el Bosque de Agua (15.795 ha) y el Río Cañas (5.252 ha). En estos corredores se busca lograr conciliar las actividades productivas rurales, especialmente la agropecuaria, con los objetivos de conservación ambiental que mejoren la integridad ecológica no solo de estos corredores, sino también de las áreas silvestres protegidas a las cuales estos corredores amortiguan ([Arauz-Beita y Arias-Navarro, 2016](#); [Sistema Nacional de Áreas de Conservación \[SINAC\], 2018](#); [Martínez y Montoya-Greenheck, 2021](#)). Debido en gran parte a esta vital función es que es imperativo analizar los procesos de transformación del paisaje en sitios como Cajón de Pérez Zeledón.

### 3.2 El marco de los teleacoplamientos (MT) para el análisis de cambio paisajístico

Como se explicó anteriormente, en esta investigación se aplicó el MT como guía analítico-conceptual para explorar las influencias distantes asociadas a dinámicas socioecológicas en el distrito Cajón. El marco





se compone de tres sistemas interrelacionados entre sí, que a su vez se analizan a través de los agentes involucrados, los flujos entre los sistemas, las causas y efectos (Figura 2) (Liu et al., 2013;2019).

Los teleacoplamientos parten de un *flujo* o movimiento de materiales, personas, energía, organismos, capital y/o información entre dos o más sistemas. Los sistemas principales son el emisor y el receptor (Figura 2). A su vez, en el proceso de flujo se pueden tener efectos indirectos en otros sistemas, conocidos como sistemas de desbordamiento ('spillover'). Los flujos, además, son facilitados por *agentes* (instituciones, corporaciones, grupos productivos y otros actores), y se procuran identificar y analizar las *causas* de los flujos. Por último, se consideran los *efectos* socioecológicos que resultan de los flujos entre sistemas. Es importante resaltar la bidireccionalidad en las relaciones entre los componentes de los sistemas y entre los sistemas, denotando una realimentación en ambas direcciones.

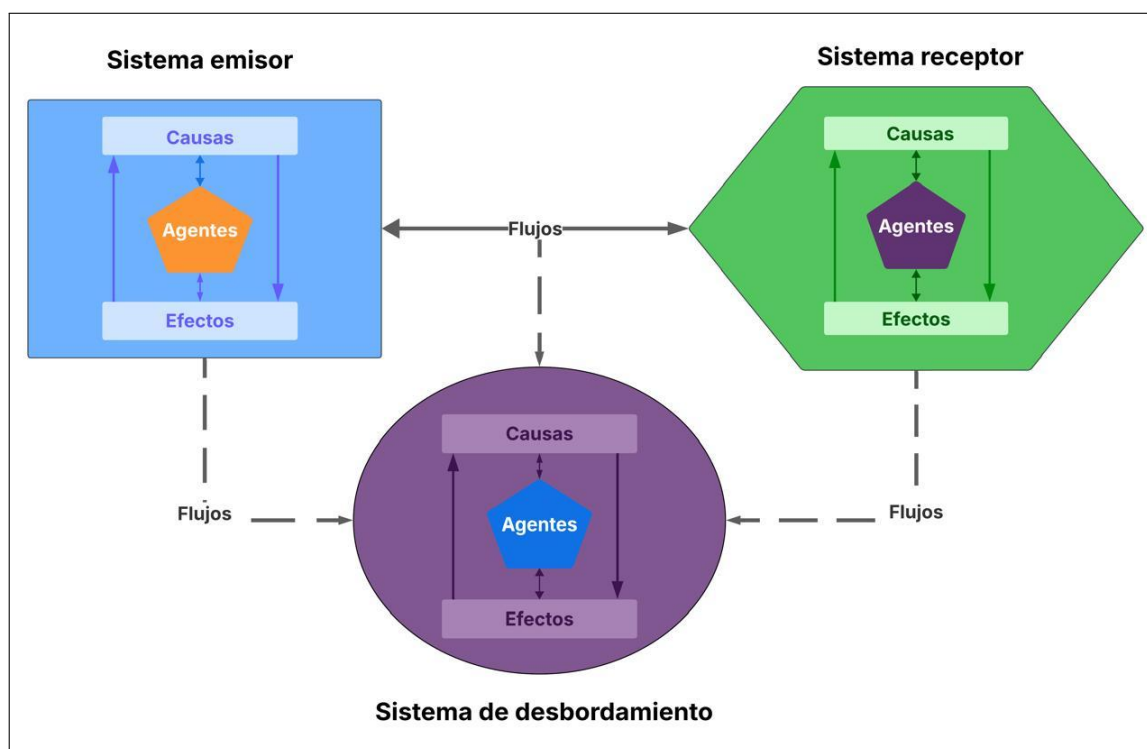


Figura 2. Diagrama general del marco de los teleacoplamientos.

Fuente: Adaptado de Céspedes Rivera (2023).

### 3.3 Mapas de uso agrícolas de los paisajes productivos de Cajón

Como base para el análisis de los teleacoplamientos, se elaboraron mapas de uso agrícola con imágenes de Landsat-5 TM (1997) y Landsat-8 OLI (2021), armonizadas para la comparabilidad (reescalado de Landsat-8 a 8 bits y correcciones geométricas y radiométricas; (Díaz Aguilar et al., 2017). La clasificación se realizó en Google Earth Engine mediante Random Forest, utilizando bandas visibles, infrarrojo cercano (NIR) e infrarrojo de onda corta (SWIR), junto con índices espectrales como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), Índice de Agua Normalizado (NDWI), Índice de Relación Simple (SR), entre otros; además, se incorporaron los tres primeros Componentes Principales (PCA) como covariables. El conjunto de entrenamiento se generó mediante fotointerpretación y clasificación no supervisada. La validación siguió un esquema de *hold-out* 80/20 (entrenamiento/prueba). El modelo se configuró con 100 árboles y un  $mtry = 5$  (variables aleatorias). La evaluación se efectuó mediante matrices de confusión y métricas estándar (precisión global, precisiones de usuario y productor por clase y coeficiente Kappa), con una precisión global de 91,13 % en 1997 y 96,06 % en 2021, valores satisfactorios para este tipo de estudio. Los coeficientes Kappa para las clasificaciones fueron de 0.88 y 0.93 para ambos años respectivamente, lo que indica una precisión aceptable.

### 3.4 Análisis de teleacoplamientos

Para el análisis de los teleacoplamientos se consideraron los flujos comerciales de los cultivos de *café*, *caña de azúcar* y *piña* desde Cajón hacia mercados nacionales e internacionales. El análisis para los primeros dos cultivos se hizo para el año 2021, mientras que el de piña se hizo para 2019 debido a que es el año más próximo con suficientes datos. Una limitante para este análisis fue el nivel de agregación de los datos, ya que, de haber, muchos eran a nivel cantonal y no distrital o a un nivel más desagregado.

Lo anterior se procuró subsanar con entrevistas a profundidad. Se realizaron un total de 11 entrevistas semiestructuradas a informantes clave del sector agroindustrial local, incluyendo productores locales, personal de corporaciones productoras privadas y funcionarios de instituciones estatales. La selección de participantes se efectuó intencionalmente, con criterios de inclusión vinculados a su grado de involucramiento en los cultivos de café, caña y/o piña, conocimiento de dinámicas comerciales y disponibilidad. Algunas de las personas entrevistadas se contactaron a través del muestreo de “bola de nieve”, por sugerencias en entrevistas previas. De las once entrevistas, siete se realizaron virtualmente y cuatro de manera presencial; todas se grabaron y transcribieron con consentimiento informado. Los datos se procesaron mediante codificación temática, combinando un enfoque deductivo (categorías iniciales ancladas en el marco de teleacoplamientos/sistemas socioecológicos) y un enfoque inductivo (temas emergentes), organizado en codificación abierta y axial. Por último, se efectuó la triangulación con fuentes secundarias y la observación no participante para validar los hallazgos de las entrevistas.

Seguidamente, se identificaron los agentes involucrados y sus efectos en la transformación y configuración del paisaje de Cajón para los sistemas receptor y emisor. Los sistemas de desbordamiento no fueron analizados en esta investigación debido a la complejidad asociada a la falta de o inaccesibilidad a datos, así como a limitaciones logísticas. De hecho, se reconoce que los sistemas de desbordamiento, y en especial los efectos asociados a estos sistemas, son inherentemente más complejos de analizar (Meyfroidt et al., 2020), lo que en muchos casos limita la aplicación del marco en su totalidad. Los datos sobre exportaciones fueron obtenidos de bases de datos de la Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica [PROCOMER], el Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], la Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña [CANAPEP], y la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar [LAICA].

Finalmente para la modelización de los flujos comerciales se utilizó la herramienta de *Telecoupling Geo-App* (McCord et al., 2018) en su formato de aplicación web, que permitió visualizar y analizar cartográficamente los sistemas de emisión-recepción. Esta aplicación web es una manera de operacionalizar el MT. Se compone de un conjunto de funciones geoespaciales para el análisis socioeconómico y ambiental de sistemas acoplados humano-naturales a diferentes escalas. En la aplicación se identificaron y mapearon los componentes del marco de los teleacoplamientos descritos anteriormente.

## 4. Resultados

### 4.1 Cambios en el paisaje productivo de Cajón entre 1997 y 2021

La Figura 3 muestra los cambios en algunos usos y coberturas de la tierra entre 1997 y 2021 para el sitio de estudio. Desde una perspectiva general, el distrito Cajón experimentó cambios significativos en su paisaje en este período, la gran mayoría de ellos asociados a actividades productivas. Quizás el cambio más prominente fue la incursión del teleacoplamiento asociado al cultivo de piña cerca del año 2006, el cual desde entonces generó un incremento significativo en el área dedicada a este cultivo, principalmente a expensas de otros cultivos y pastos; esta transición se concentra principalmente en el sector centro-oeste del distrito.



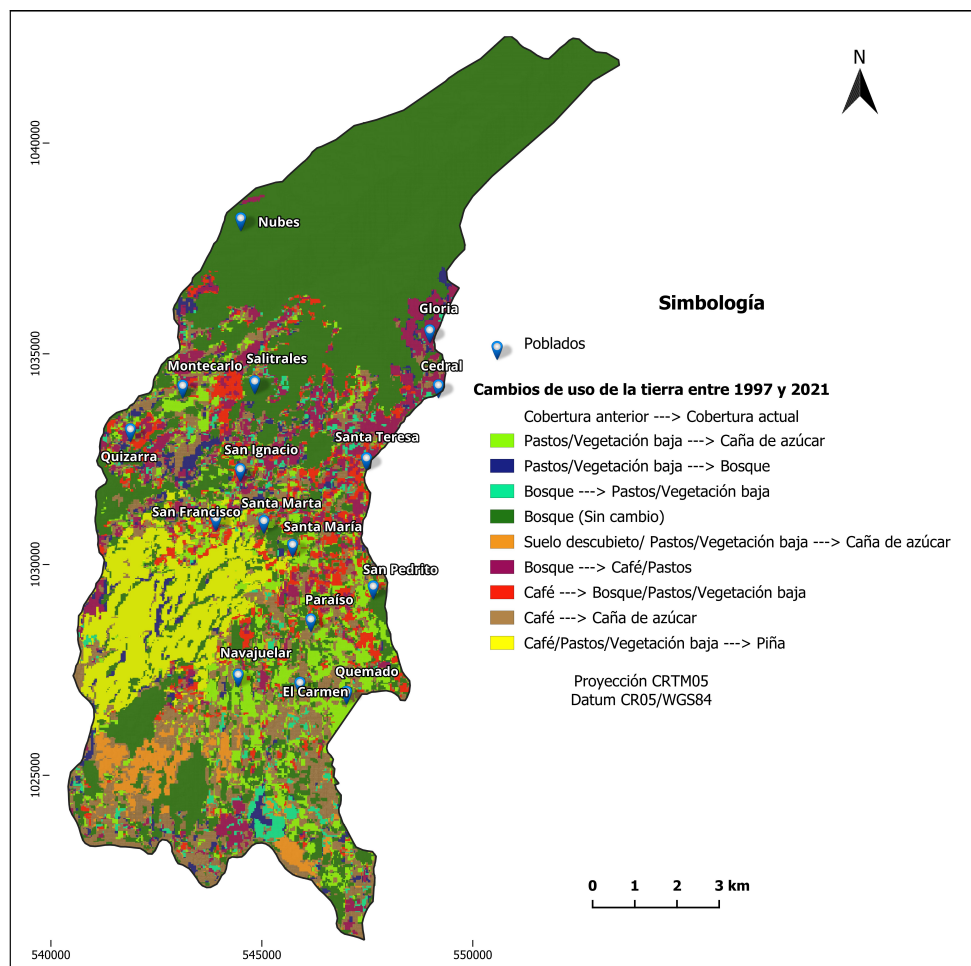


Figura 3. Mapa de cambio de algunos usos y coberturas de la tierra en el distrito de Cajón entre 1997 y 2021.

Fuente: Elaboración propia a partir de Céspedes Rivera (2023).

También destaca la pérdida en los espacios dedicados al café. La principal transición fue del café a caña de azúcar, especialmente en la parte sur del distrito. Una hipótesis de este cambio es la inviabilidad (en términos de calidad y relación costo-beneficio) del cultivo del café en elevaciones más bajas debido a los cambios en los regímenes de temperatura y precipitación asociados al cambio climático. La caña de azúcar también reemplazó a pastos/vegetación baja, lo cual sugiere una creciente presión por aumentar los espacios dedicados a la caña para satisfacer principalmente la demanda doméstica. En efecto, las áreas dedicadas a caña aumentaron de 5.6% a un 9.7% del área de estudio en el período considerado (+493 ha), mientras que el pasto disminuyó de 19.2% a 16.1%, (-376,8 ha). Para el suelo descubierto (asociado en este caso con recambio de cultivos o con modificaciones estacionales que suelen presentar labranza), hubo una leve disminución, pasando de 5.6% en 1997 a 4.4% en el 2021 (-139 ha). Hubo también una pérdida importante de cobertura boscosa a expensas de café y pasto, especialmente hacia el sector norte colindante con el Parque Nacional Chirripó. Esto también sugiere que se da por la necesidad de cultivar café en zonas más altas por los cambios ya mencionados en los regímenes de temperatura y precipitación asociados al cambio climático. A pesar de lo anterior, el balance general para la cobertura boscosa en el período analizado fue de un incremento de un 11.01% (+524 ha) debido a zonas con regeneración.

En términos absolutos, destaca la disminución de las áreas dedicadas al café (-1,505 ha), seguido por el de pastos/vegetación baja (-377 ha) (Tabla 1). También resaltan particularmente los aumentos en las áreas destinadas al cultivo de la caña de azúcar (+493 ha) y la piña (+859 ha). El aumento de infraestructura (+109 ha) estuvo muy por debajo de estos cultivos en términos absolutos, así como también de la cobertura de bosque

(+524 ha). Sin embargo, en términos relativos, el aumento en infraestructura fue prominente, ya que pasó de 4.95 ha en 1997 a 114.41 ha en 2021, lo que corresponde a un aumento porcentual de 2,211%. Le sigue el aumento de un 74.1% en el cultivo de caña y un 11% en bosque. En reducción porcentual, destaca el café con un -43.2%, seguido por suelo descubierto con un -20.7% y pastos/vegetación baja con un -16.4%.

Tabla 1. Cambios absolutos y relativos de las coberturas y usos de la tierra analizados en el distrito de Cajón entre 1997 y 2021, con su tendencia de cambio.

Cobertura/uso de la tierra	1997 (ha)	2021 (ha)	Cambio absoluto (ha)	Cambio porcentual	Tendencia*
Bosque	4752.94	5276.45	524	11	↑
Suelo descubierto	669.18	530.66	-139	-20.7	↓↓
Café	3481.48	1976.06	-1505	-43.2	↓↓↓
Caña de azúcar	664.86	1157.8	493	74.1	↑↑↑
Piña	0	858.63	859	-	-
Pastos / vegetación baja	2295.15	1918.3	-377	-16.4	↓
Infraestructura	4.95	114.41	109	2211.3	↑↑↑↑↑
*Simbolo    Rango aproximado de cambio ↑ o ↓        0 % a 20 % ↑↑ o ↓↓     20 % a 50 % ↑↑↑ o ↓↓↓   50 % a 100 % ↑↑↑↑        Más de 100 %					

Fuente: Elaboración propia a partir de Céspedes Rivera (2023).

## 4.2 Análisis de los teleacoplamientos mediante el MT

### 4.2.1. Análisis de teleacoplamientos para el cultivo del café

La Figura 4 muestra los principales componentes de los sistemas principales en el teleacoplamiento asociado a la producción de café en Cajón. Como principales agentes emisores están las cooperativas CoopeAgri R.L. (que capta la mayor parte la producción de café del distrito), y CoopeCedral R.L, así como también la corporación comercial internacional Volcafé. Otro agente institucional asociado al envío es el Instituto del Café de Costa Rica [ICAFFE], institución pública no estatal que busca, entre otras cosas, apoyar la producción, proceso, exportación y comercialización del café costarricense ([ICAFFE], 2023).

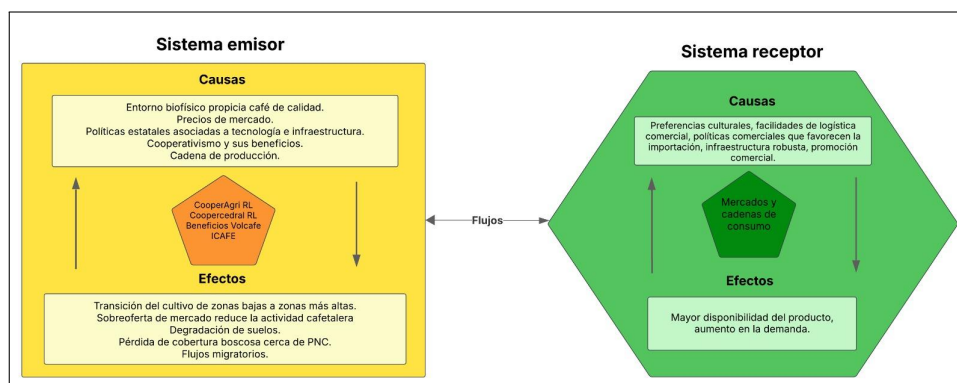


Figura 4. Diagrama síntesis de las relaciones entre los sistemas de recepción y emisión y sus componentes en el teleacoplamiento del cultivo del café en el distrito de Cajón, basado en el marco de los teleacoplamientos.

Fuente: Adaptado de Céspedes Rivera (2023).





El sistema receptor del café es diverso en comparación con los otros dos cultivos. En 2021, el café producido en Pérez Zeledón se exportó a cinco continentes en 31 países (Figura 5). En América fueron tres, en Asia nueve, en África uno y en Oceanía dos. En Europa, en contraste, se exportó a 16 países, siendo así el continente con mayor influencia en los flujos internacionales de café desde Cajón. En términos de cantidad, Estados Unidos es de los países que más importa café de la zona, con más de 902 toneladas en 2021, seguido por Israel con un total de 773,7 toneladas, y Corea del Sur con poco más de 307 toneladas (Figura 5).

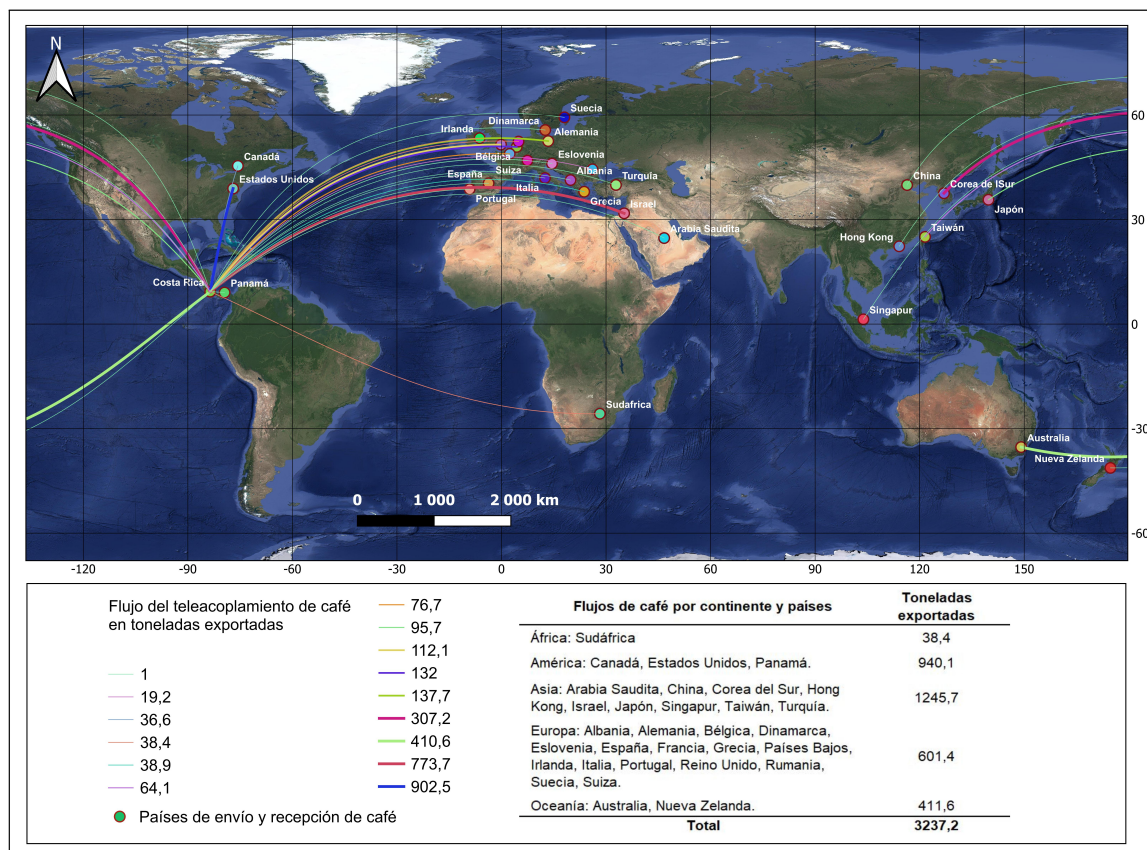


Figura 5. Mapa de flujos comerciales del café desde Pérez Zeledón a los sistemas de recepción en el año 2021, por toneladas exportadas.

Fuente: Adaptado de Céspedes Rivera (2023).

La literatura sobre ciencias de cambio de la tierra (*land change science*) indica que, en gran medida, los cambios de uso y cobertura de la tierra asociados a paisajes productivos en los trópicos están asociados con impulsores indirectos como dinámicas de mercado y factores político-institucionales (Meyfroidt et al., 2018; Geist y Lambin 2001; Lambin et al., 2003; Meyfroidt et al. 2013). Para el caso particular de Costa Rica, hay estudios que respaldan empíricamente la relación entre expansión de monocultivos y las dinámicas globales de mercado (Jadin et al., 2016a; Jadin et al. 2016b). En línea con esos estudios previos, esta investigación sugiere que las causas vinculadas a este teleacoplamiento en particular son, en efecto, multiescalares y de índole económico y político-institucional, así como también cultural y biofísico.

Por un lado, las características biofísicas de ciertas partes del distrito Cajón propician el cultivo de un café con cualidades para venta en mercados nacionales e internacionales por su calidad; su topografía, clima y suelos son propicias para el cultivo del café. En el plano socioeconómico, el café es un producto popular a nivel mundial, por lo que existe una demanda de café de calidad en los mercados internacionales, y, a pesar de fluctuaciones, los precios en general hacen de este cultivo una opción viable para medios de vida locales ([ICAFE], 2019; [INDER], 2016a). Culturalmente, el café ha sido el cultivo insignia de exportación costarricense desde inicios del siglo XIX, con una larga tradición agrícola y de consumo. Otra causa importante es la red



institucional y las políticas comerciales que favorecen la exportación de café, en parte por la ya mencionada tradición comercial de café de Costa Rica. Aquí destacan actores estatales como el INDER, que han contribuido con el diseño de políticas públicas para mejorar la innovación tecnológica y la infraestructura a pequeñas cooperativas, incrementando su capacidad para proyectarse a los mercados globales. Las cooperativas también han favorecido el cultivo del café a través de incentivos a sus asociados, como ofrecer un mínimo de pago fijo por unidad de producción independientemente de la fluctuación en precios del mercado, así como acceso a iniciativas de extensión rural, entre otros.

Entre los efectos de este teleacoplamiento en Cajón está el establecimiento de zonas de cultivo en rangos de elevación mayores (700-1400 msnm), a su vez que se abandona el cultivo en zonas de menor elevación ([ICAFFE], 2019). Esto en parte se nota, principalmente hacia el poblado de Cedral hacia el este. Sin embargo, la disminución en las áreas dedicadas al café en el período estudiado también responde a otros factores como la inestabilidad en sus precios, una mayor oferta por países como Brasil, aumento en los precios de los insumos y problemas asociados a plagas y enfermedades (Cruz y Castro Sánchez, 2007; McCook, 2009).

Otro efecto son los impactos ambientales asociados a la degradación de suelos, el uso excesivo de agroquímicos, contaminación de las aguas, la reducción de la diversidad biológica y la pérdida de cobertura boscosa principalmente en las cercanías del PNC (Mora Segura, 2008; [ICAFFE], 2019). Por último, en un ámbito socioeconómico, destacan los flujos migratorios de personas que trabajan en la recolección de café, principalmente provenientes de Nicaragua y Panamá. Sin embargo, según consultas a informantes clave (por la falta de datos sobre migración en general en esta zona), esta dinámica parece ir disminuyendo en Cajón a medida que se reduce el área dedicada a este cultivo.

#### 4.2.2. Análisis de teleacoplamientos para el cultivo de la piña

La Figura 6 muestra los sistemas y componentes del MT aplicado al cultivo de piña en Cajón. El sistema de recepción del teleacoplamiento asociado a este cultivo se compone mayoritariamente de países del continente europeo y los EE. UU. (Figura 7). Si bien los destinos del cultivo de piña son menos que los del café, el flujo en términos de volumen exportado es mayor en comparación, como se aprecia en la Figura 7. Los flujos de este cultivo se dan principalmente hacia Europa: el 57.7% de las exportaciones fue hacia Países Bajos, seguido por Italia con un 23.8%, y en tercer lugar España con poco más de un 5%. El resto del flujo de recepción lo completan otras naciones europeas, junto con Estados Unidos.

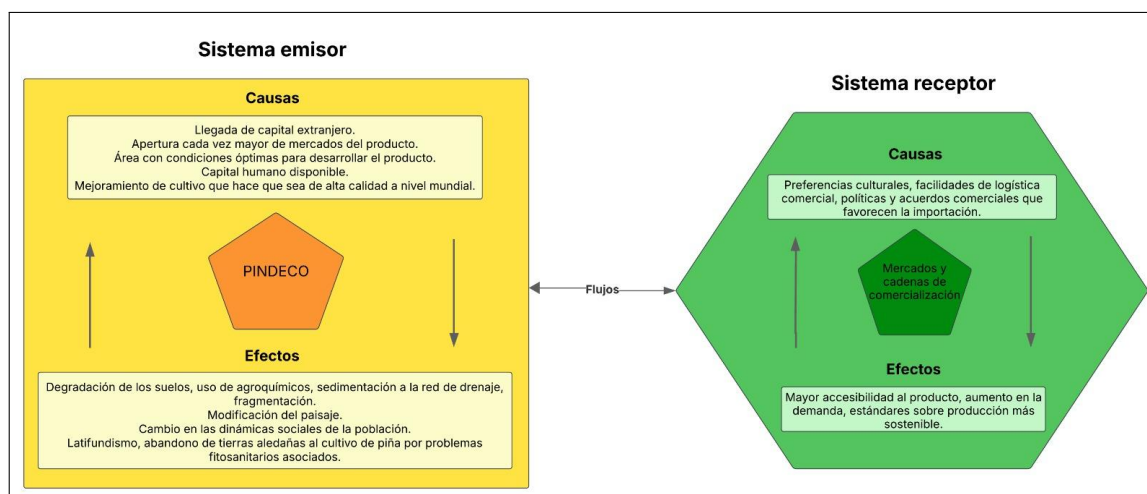


Figura 6. Diagrama síntesis de las relaciones entre los sistemas de recepción y emisión y sus componentes en el teleacoplamiento del cultivo de la piña en el distrito de Cajón, basado en el marco de los teleacoplamientos.

Fuente: Adaptado de Céspedes Rivera (2023).



Si bien se reconoce que en el caso del teleacoplamiento de la piña hay múltiples agentes involucrados en el sistema de envío, quizás el principal a resaltar es la subsidiaria PINDECO de la transnacional Del Monte debido a su grado de influencia en el flujo. Al igual que para el café y la caña, los principales agentes asociados a los sistemas de recepción son los mercados internacionales y las cadenas de comercialización que mueven esos mercados. En cuanto a las causas del teleacoplamiento en el sistema de recepción de la piña, se identificó la preferencia cultural mundial por frutas tropicales, una robusta logística comercial gracias a las empresas transnacionales, así como ciertas facilidades que otorgan las políticas y acuerdos comerciales.

Como posible causa está también el medio biofísico de Cajón, así como la presencia histórica del capital extranjero de la transnacional Del Monte desde la década de los setenta, la cual va desarrollando una mayor apertura comercial hacia más mercados distantes. Aunado a esto, el establecimiento de estas operaciones fue facilitado en parte por la disponibilidad de mano de obra barata. La innovación tecnológica se estima es también una causa importante del teleacoplamiento de la piña en el distrito de Cajón, incluyendo el desarrollo de nuevas variedades de piña, así como el mejoramiento de los insumos de mecanización para la producción agroindustrial (Acuña, 2005; Contreras Solera y Díaz Porra, 2017; Mena, 2020).

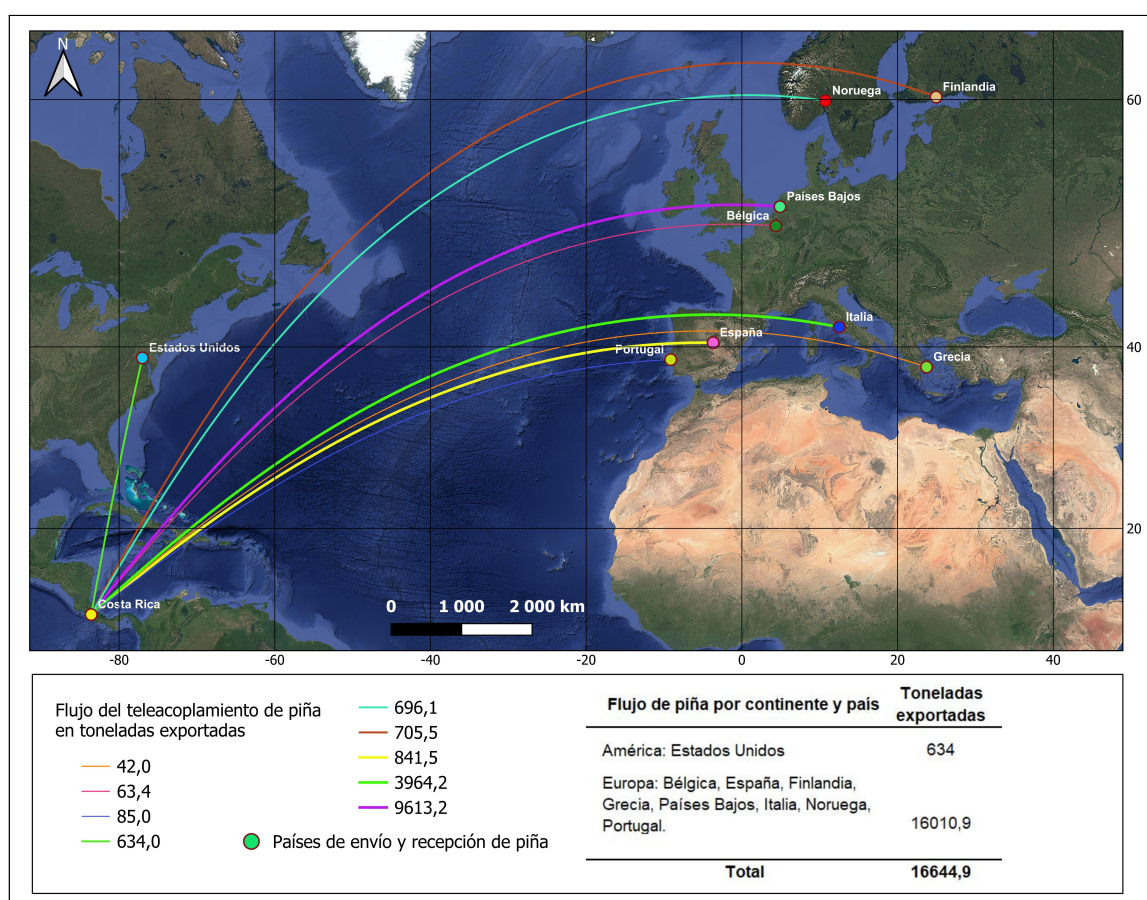


Figura 7. Mapa de flujos comerciales de la piña desde el distrito Cajón a los sistemas de recepción en el año 2019, por toneladas exportadas.

Fuente: Adaptado de Céspedes Rivera (2023).

Entre los principales efectos del teleacoplamiento del flujo de piña están los asociados a las transformaciones del paisaje tanto extensivas como intensivas propias del monocultivo, como aumento de la frontera agrícola, degradación del suelo, sedimentación, procesos de fragmentación del paisaje, pérdida de biodiversidad, entre otros (Acuña, 2005; Aravena, 2005; Maglianesi, 2013; Quesada Román y Zamorano Orozco, 2019). En el plano socioeconómico, este flujo de piña ha derivado en una dependencia laboral de la actividad para muchos pobladores de comunidades vecinas (Contreras Solera y Díaz Porra, 2017). También,

según entrevistas a informantes clave, ha incrementado el latifundismo y la inhabilitación de tierras aledañas por problemas fitosanitarios asociados a la aplicación de agroquímicos, por posibles efectos en la salud de las personas, así como por la contaminación de cultivos orgánicos en propiedades aledañas.

También según las entrevistas, la compra de tierras para el establecimiento de plantaciones de piña ha significado el abandono de medios de vida de producción campesina por trabajos asalariados en las plantaciones piñeras. Al 2022, PINDECO era de las empresas que más empleo generaba en el distrito (Contreras Solera y Díaz Porra, 2017); sin embargo, muchos de esos empleos son de carácter estacional, usualmente en períodos de cosecha. Además, los salarios rondan el mínimo de ley y muchos trabajadores de estas piñeras con frecuencia se exponen a problemas de salud ocupacional.

#### 4.2.3. Análisis de teleacoplamientos para el cultivo de la caña de azúcar

La Figura 8 muestra los sistemas y componentes del MT aplicado al caso del cultivo de caña de azúcar en Cajón. El cultivo de caña, en cuanto a sus flujos comerciales, difiere de los otros dos principalmente por su carácter más doméstico (Dirección Nacional de Extensión Agropecuaria [DNEA], 2020) (Figura 9). No obstante, siempre registra flujos importantes, principalmente a Alemania y a Países Bajos, con un 66% y 31% de las exportaciones respectivamente. La principal razón de que los flujos tengan una orientación más doméstica es probablemente la legislación de la agroindustria de la caña de azúcar (ley N° 7818 de 1998), la cual pone un tope a la cantidad de producción para cada zona cañera e ingenio (Barrantes Mora y Chaves Solera, 2006).

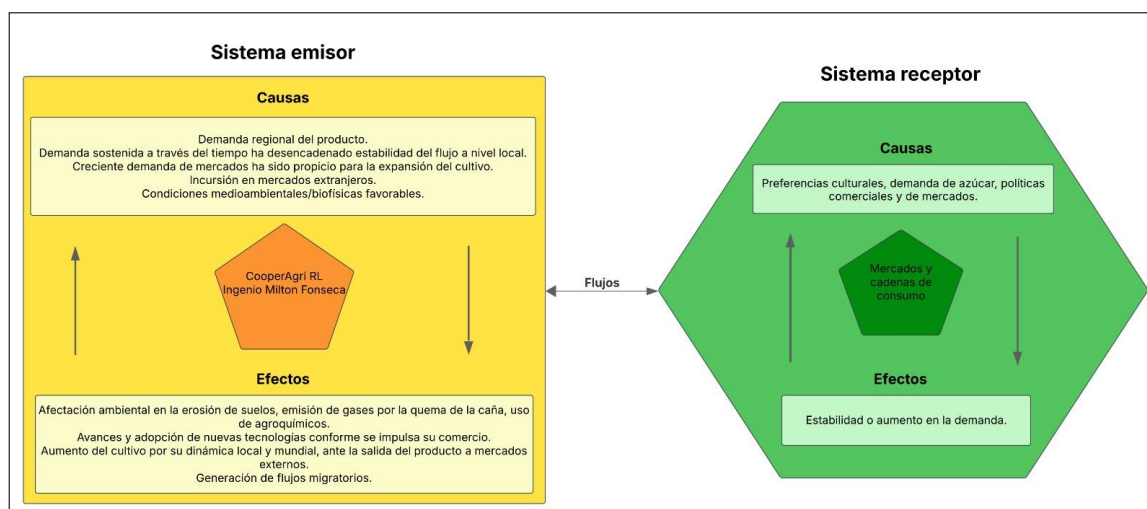


Figura 8. Diagrama síntesis de las relaciones entre los sistemas de recepción y emisión y sus componentes en el teleacoplamiento del cultivo de caña de azúcar en el distrito de Cajón, basado en el marco de los teleacoplamientos.

Fuente: Adaptado de Céspedes Rivera (2023).

El agente principal de este teleacoplamiento asociado al sistema de envío es CoopeAgri R.L., con el ingenio Milton Fonseca en particular. Hay otros actores secundarios involucrados en la agroindustria de la caña en Cajón, como la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA) y en particular su Dirección de Estudios Económicos y Comerciales Agroindustriales (DIECA), la cual realiza investigaciones, análisis económicos y comerciales, y brinda asesoría técnica y de mercado a los diferentes actores de la industria de la caña de azúcar en Costa Rica.





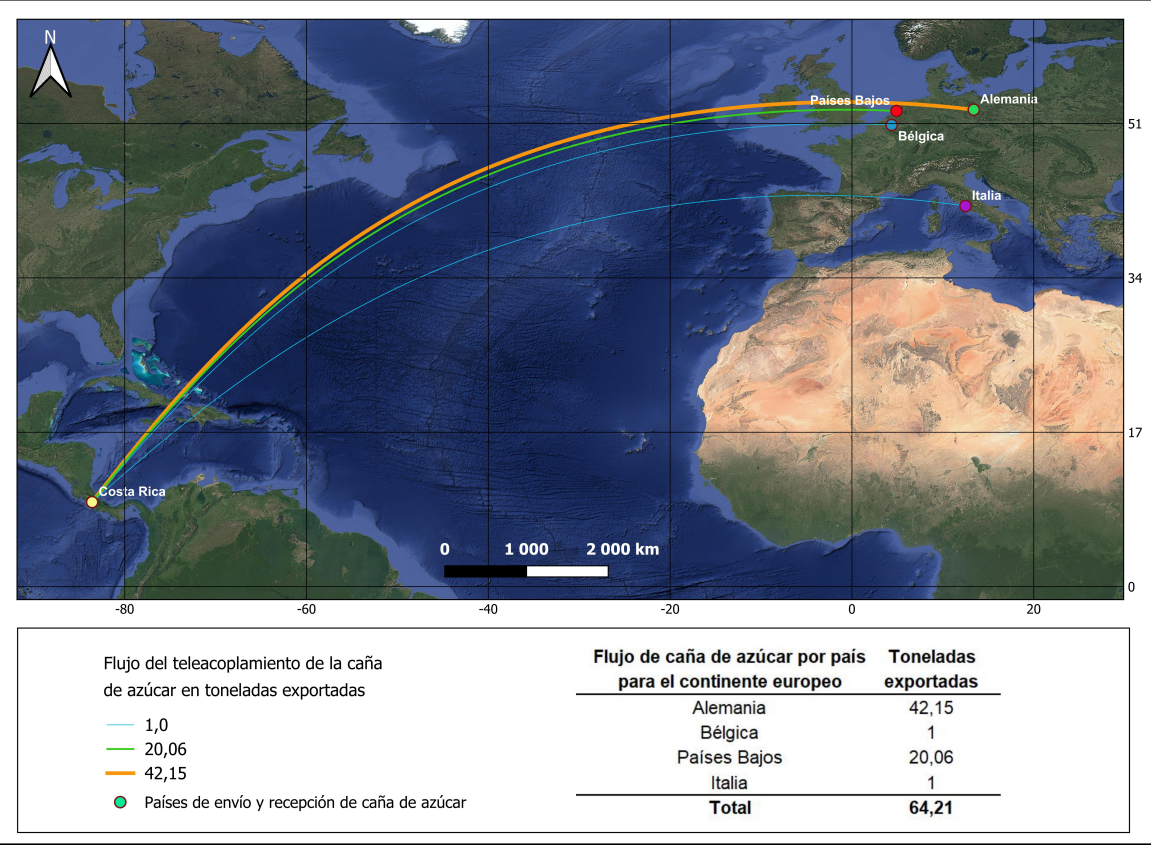


Figura 9. Mapa de flujos comerciales de la caña de azúcar desde el distrito Cajón a los sistemas de recepción en el año 2021, por toneladas exportadas.

Fuente: Adaptado de Céspedes Rivera (2023).

Este análisis sugiere que entre las causas de este teleacoplamiento está la demanda internacional en un mercado dominado principalmente por Brasil y países asiáticos como Tailandia, India y China. No obstante, como se mencionó antes, siempre existe un nicho de comercialización en el mercado internacional para la producción de Cajón, cuyos principales agentes son los países importadores de caña antes mencionados. Otra posible causa asociada es la demanda local sostenida a lo largo del tiempo, la cual ha mantenido estabilidad de flujo, así como el equipamiento tecnológico, vital en el mejoramiento productivo del cultivo dentro del distrito (Chaves y Chavarría, 2013; [DNEA], 2020). Por último, como posible causa también destaca las condiciones biofísicas de la zona, que propician el desarrollo de este cultivo (Barrantes Mora y Chaves Solera, 2006; Chaves, 2019).

Entre los efectos de este flujo está la erosión y degradación de los suelos, impactos ambientales por uso de agroquímicos, la emisión de gases de efecto invernadero por las quemadas estacionales y afectaciones a la fauna microbiana (Barrantes Mora y Chaves Solera, 2006; Chaves y Chavarría, 2013; León Sáenz y Arroyo Blanco, 2012). Socioeconómicamente, para el caso de Cajón, este teleacoplamiento se asocia también con un flujo migratorio de mano de obra extranjera, principalmente de nicaragüenses que laboran en el proceso de corta. En periodo de cosecha, esta actividad representa una fuente importante de ingresos y de activación económica para el distrito y la zona en general (León Sáenz y Arroyo Blanco, 2012).

A manera de síntesis, la Tabla 2 resume las principales diferencias y similitudes halladas entre los teleacoplamientos de los tres cultivos analizados en este estudio.

Tabla 2. Síntesis de similitudes y diferencias entre las dinámicas de teleacoplamientos para los cultivos de café, la piña y la caña de azúcar en Cajón, basado en el uso del MT.

Componente del MT	Similitudes	Diferencias
<b>Agentes</b>	En los tres casos destacan instituciones mediadoras que ejercen una influencia importante en determinar la magnitud y particularidades del teleacoplamiento, especialmente en lo que concierne a la relación entre producción, mercados y cadenas de comercialización. También desempeñan una función de regular flujos comerciales y articular los sistemas emisor-receptor.	Para el caso del café, existe una mayor diversidad de actores que incluye cooperativas (e.g. CoopeAgri R.L., CoopeCedral R.L.), entidades comerciales internacionales (e.g. Volcafé) y el ICAFE como institución pública de carácter no estatal. En el caso de la piña resalta un actor transnacional dominante: PINDECO (Del Monte), con una sólida capacidad logística y decisoria. En caña destacan actores que operan más a nivel doméstico. De particular importancia es CoopeAgri R.L. (ingenio Milton Fonseca) como agente principal, así como LAICA/DIECA quienes articulan la gobernanza sectorial.
<b>Flujos</b>	Los cultivos estudiados presentan flujos de salida desde Cajón hacia sistemas receptores externos, algunos más de carácter internacional, y con orientación agroexportadora en distintas magnitudes.	El teleacoplamiento de café se caracteriza por flujos más diversos en términos de hacia dónde se destina la exportación: para el 2021, el café de Cajón se exportó a 31 países en cinco continentes. El teleacoplamiento de la piña muestra menos destinos de exportación, pero mayor volumen por destino. Su principal mercado de exportación es Europa (al año 2019). La caña tiene un predominio doméstico, con exportación pero considerablemente menor comparada a los otros cultivos.
<b>Causas (mecanismos)</b>	Similitudes en cuanto a factores de mercado, logística e infraestructura, así como condiciones biofísicas locales. Agentes institucionales funcionan como mediadores de factores económicos y de mercado a escalas amplias. También se resalta la influencia distante de factores culturales, principalmente reflejados en las preferencias por productos tropicales.	En el café destacan las influencias asociadas a factores de precio vs. calidad, competencia de otros países productores y costos de los insumos; también, presión de impactos por plagas y reacomodo espacial del cultivo. En el caso de la piña destacan las preferencias globales por frutas exóticas tropicales, el capital extranjero histórico, logística transnacional e innovación tecnológica, así como disponibilidad de mano de obra, usualmente extranjera. En la caña sobresale la regulación sectorial ( <i>Ley 7818 de 1988</i> : cuota/extracota), la cual condiciona la producción y la orientación del flujo.
<b>Efectos</b>	Los tres cultivos se asocian con efectos socioecológicos vinculados a cambios en el uso y la organización productiva. Resalta la contaminación ambiental especialmente en cultivos como la piña y, en menor grado, la caña y el café, así como una reconfiguración de dinámicas sociales tanto locales como regionales asociadas a procesos migratorios.	En el café se muestra una reducción en su área de cultivo, así como un desplazamiento altitudinal; también un menor peso local en el empleo estacional de la cosecha. La piña muestra una alta intensificación, así como una dependencia laboral estacional, latifundismo, conflictos por agroquímicos y por salud ocupacional. La caña tiene impactos más locales modulados por la regulación; choques productivos (e.g. roya naranja del 2007) con efectos económicos.
<b>Escala y mercados destino</b>	Europa es uno de los principales mercados (sistema receptor) especialmente para el café y la piña.	El mercado de café asociado a Cajón es global y diversificado, con ventas en numerosos destinos (Europa, Asia, América, Oceanía y África). La piña también se exporta a Europa pero Estados Unidos aparece como un mercado significativo, con una alta dependencia de nodos logísticos y comerciales. La caña es de carácter más doméstico, con exportación puntual (e.g. Alemania y Países Bajos).
<b>Patrón general de cambio espacial (1997–2021)</b>	En general se identifican transformaciones significativas en el paisaje productivo asociadas a estos teleacoplamientos. La caña y la piña aumentaron su extensión. Destaca en particular el aumento en el área dedicada al cultivo intensivo de la piña desde inicios de la década de 2000, así como la pérdida considerable (casi la mitad) del área dedicada al cultivo tradicional del café.	El café perdió 1 505 ha (–43,2%) y se dejó de cultivar en zonas bajas; fue reemplazado por piña, pastos y otros cultivos. La piña apareció hacia 2006 y llegó a ocupar 858,6 ha en 2021 (≈7,2% del distrito en 2021), principalmente en el sector centro-oeste. La caña ganó 493 ha (+74,1%) pero, a diferencia de la piña, ya se daba en el año 1997 en Cajón.

Fuente: Elaboración propia.





## 5. Discusión

El concepto de los teleacoplamientos ha llegado a potenciar los estudios sobre relaciones ser humano-ambiente en general y sobre los sistemas terrestres en particular. Si bien se reconocía desde antes que existían relaciones distantes que influían sobre los sistemas terrestres, este concepto sentó las bases para poder examinar mejor estas relaciones. Como corolario a este concepto surge el MT, el cual ayuda a estructurar más claramente los principales sistemas, componentes y las relaciones involucradas entre estos elementos en esas interacciones distantes.

[Kapsar et al. \(2019\)](#) realizaron una revisión sistemática de investigaciones sobre teleacoplamientos al año 2019. Entre sus hallazgos están que los flujos comerciales, las transferencias de conocimiento y la dispersión de especies ha sido los fenómenos más abordados, con 74%, 33% y 17% de las investigaciones consultadas respectivamente. Entre los temas de sostenibilidad más tratados están la conservación, los servicios ecosistémicos, la seguridad alimentaria, la biodiversidad, el turismo, el agua, la migración y la contaminación. También resalta que los 33 estudios identificados que, a ese entonces aplicaban el marco de los teleacoplamientos en un número reducido de países, abarcaban 34 países en seis continentes. Entre los países más estudiados están Brasil, Estados Unidos y China.

Al momento de esa revisión, no existían estudios que expresamente utilizaran el concepto y marco de los teleacoplamientos para estudios en la región de América Central. Por eso, esta investigación constituye una de las primeras en explorar dinámicas de cambio en paisajes productivos rurales en Costa Rica a través de este concepto y este marco. Con ello, se buscó comprender más integralmente la naturaleza del cambio paisajístico en Cajón, su complejidad inherente y los retos para la planificación territorial considerando las influencias distantes y su interacción con dinámicas locales y regionales para configurar el espacio.

En Cajón en particular, los cambios en el paisaje productivo vinculados a teleacoplamientos han sido significativos. Destaca la pérdida de área dedicada al cultivo del café, en parte debido a cambios asociados al calentamiento global pero también a otros factores. Esto se evidencia en los procesos de desplazamiento altitudinal del cultivo, pasando de tierras más bajas a tierras más altas. Las temperaturas más elevadas producto del cambio climático suelen afectar el rendimiento del cultivo, la calidad del grano y la incidencia de plagas como la roya, forzando su migración hacia zonas más altas. Este efecto del cambio climático en el paisaje de Cajón es, en sí mismo, un teleacoplamiento, ya que se da debido a dinámicas distantes a lo largo del tiempo que han incidido en las transformaciones paisajísticas a diferentes escalas.

También asociado a este desplazamiento altitudinal debido al cambio climático, en el distrito se ha evidenciado una proliferación del monocultivo de piña en zonas donde antes no era idónea. En efecto, Cajón fue reflejo de un vertiginoso proceso de expansión de la actividad piñera en Costa Rica particularmente durante la década del 2000 y 2010. El capítulo ambiental del vigésimo tercer informe Estado de la Nación ([Consejo Nacional de Rectores \(Costa Rica\). Programa Estado de la Nación, 2017](#)), utilizando datos del proyecto Monitoreo de Cambio de Uso de la Tierra en Paisajes Productivos [MOCUPP], reporta que entre 2000 y 2015, el área sembrada de piña en Costa Rica pasó de 11,000 a 58,000 hectáreas – es decir, un crecimiento de 427.3%. El cultivo de piña en Costa Rica se ha consolidado principalmente en la Zona Norte y la región Brunca —esta última donde se ubica el distrito de Cajón—, promovido en gran medida por la vasta red comercial creada por empresas transnacionales como Del Monte y Dole, con amplia presencia en redes globales de producción y exportación agrícola. En este sentido, esas empresas transnacionales favorecen los procesos de teleacoplamiento en sitios tropicales gracias a sus complejas redes de comercio global.

Estas dinámicas distantes asociadas a flujos comerciales globales han recibido una atención creciente en las ciencias de la sostenibilidad debido al desafío que representan para la gobernanza ambiental ([Clark y Harley, 2019](#); [Newig et al., 2020](#); [GLP, 2024](#)). De particular interés es entender cómo estas dinámicas comerciales distantes generan ‘desacoples’ entre los componentes de gobernanza y los sistemas socioecológicos

bajo su influencia (Newig et al., 2020; Coenen et al., 2023). Este es un desafío, entre otras cosas, porque las políticas comerciales suelen regular los impactos sociales y ambientales de un teleacoplamiento únicamente en una parte del flujo —por ejemplo, en el sistema emisor—, sin abarcar su totalidad. Además, debido al carácter global de estas interacciones, ciertos lugares pueden resultar afectados de manera indirecta, a menudo sin comprender con claridad las dinámicas causales involucradas, lo que dificulta su regulación efectiva. Por ello, una importante tarea pendiente es mejorar el entendimiento de estos teleacoplamientos comerciales para así gestionar de manera más efectiva los sistemas socioecológicos involucrados.

Pero para mejorar los estudios sobre teleacoplamientos es importante procurar datos de diversa índole, así como su acceso. Por ejemplo, datos sobre producción, destinos de exportación, precios a lo largo del tiempo, entre otros, no existen o son difíciles de acceder al menos para el caso de Costa Rica y para ciertos cultivos. A este problema se le suma la baja resolución temporal de los censos agropecuarios en Costa Rica. Por ejemplo, el último censo antes del de 2014 fue en 1984 (una diferencia de 30 años). Al momento de esta publicación, el último censo agropecuario a nivel nacional era del 2014. Otro reto asociado es la falta de datos a niveles espaciales más desagregados, como el distrital. En muchos casos, el nivel más desagregado es el cantonal, lo cual evidentemente inhibe el análisis a niveles más finos. Mejorando la disponibilidad y accesibilidad de datos se podrían realizar análisis más sofisticados sobre teleacoplamientos, por ejemplo, a través de evaluaciones de ciclo de vida de cultivos (trazabilidad), o bien con modelado de redes y uso de la tierra, modelos basados en agentes ó simulaciones espacialmente-explicitas.

## 6. Conclusión

En este artículo se examinaron los procesos de teleacoplamiento asociados a la producción de tres cultivos de relevancia socioeconómica en un distrito de la zona sur de Costa Rica, con el propósito de comprender más a fondo las transformaciones del paisaje rural. Constituye un estudio exploratorio pionero en la aplicación analítica-conceptual del MT en Costa Rica y la región de América Central. El análisis desde el MT permitió una visión más amplia y compleja de las influencias distantes sobre los cambios en el uso del suelo a escalas locales y regionales.

En el caso de Cajón, se identificaron transformaciones significativas en el paisaje productivo vinculadas a estos teleacoplamientos. Destaca particularmente la influencia del teleacoplamiento del cultivo de piña desde inicios de la década de 2000, junto con la pérdida considerable del área dedicada al cultivo tradicional del café, atribuible tanto a factores relacionados con el cambio climático (en sí mismo un teleacoplamiento) como a dinámicas de mercado globales. También destaca el cambio paisajístico asociado al teleacoplamiento de la caña de azúcar, aunque de carácter más doméstico comparado a los otros dos cultivos.

Esta investigación aporta al entendimiento de las dinámicas de cambio en el paisaje rural, particularmente a escala local a través de un estudio de caso específico. La aplicación del MT facilita una perspectiva más integral y exhaustiva para el estudio de estas dinámicas, a través del análisis de los diferentes componentes involucrados, así como de sus interacciones. Por eso, consideramos que estudios como este son fundamentales para la planificación territorial, ya que evidencian cómo relaciones distantes – y comúnmente difusas – ejercen una influencia decisiva sobre los procesos de cambio en el paisaje, limitando con frecuencia la capacidad efectiva de control a nivel local, regional e incluso nacional. En este sentido, constituyen un insumo técnico importante para el fortalecimiento de la gobernanza ambiental, en especial en lo relacionado con los vínculos comerciales y sus impactos multiescalares.

## Agradecimientos

Se agradece el apoyo brindado a este trabajo por parte de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, mediante el proyecto B9-336: *“Campesinos, ambiente y bienestar: La producción*



sostenible campesina y el bienestar en el Corredor Biológico Alexander Skutch". Así mismo, se extiende un agradecimiento a Carolina Guzmán Herrera por su colaboración en la edición de algunas figuras incluidas en este trabajo.

## Referencias bibliográficas

- Acuña, G. (2005). *Diagnóstico, situación y condiciones de la agroindustria piñera en Costa Rica: Los casos de la producción piñera en las regiones Atlántica y Pacífico Sur: Características, organización y condiciones laborales: Informe final*. ASEPROLA. <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/CR.UNA01000078312>
- Arauz-Beita, I. & Arias-Navarro, A. (2016). Corredores biológicos como potenciadores del desarrollo local: Estudio de caso del corredor biológico Alexander Skutch. *Universidad en Diálogo*, 6(1), 67–79. <http://dx.doi.org/10.15359/udre.5-2.4>
- Aravena, J. (2005). *La expansión piñera en Costa Rica. La realidad de los perdedores de la agroindustria exportadora de la piña (Publicación en COECOceiba)*. <https://coecoceiba.org/wp-content/uploads/2013/12/expansion-pi%C3%B1era-costa-rica-1.pdf>
- Bager, S., Coenen, J., Haberl, H., Nielsen, J. Ø. & Trommler, K. (2021). *Governing land use beyond borders. COUPLED White Paper*. Humboldt-University Berlin [Internet] [Expertengutachten (extern. Auftraggeber)]. [https://www.researchgate.net/publication/354495572\\_WHITE\\_PAPER\\_Governing\\_Land\\_Use\\_Beyond\\_Borders](https://www.researchgate.net/publication/354495572_WHITE_PAPER_Governing_Land_Use_Beyond_Borders)
- Barbier, E. B., Burgess, J. C. & Grainger, A. (2010). The forest transition: Towards a more comprehensive theoretical framework. *Land Use Policy*, 27(2), 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.02.001>
- Barrantes Mora, J. C. & Chaves Solera, M. (2006). *Adopción tecnológica de los productores de caña de azúcar de la Región Sur de Costa Rica: El caso de la variedad SP 71-5574*. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA). <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/mvvkHowpaOGMEFvIDJRAIVheHxlyFREE>
- Biggs, R., Clements, H., de Vos, A., Folke, C., Manyani, A., Maciejewski, K., Martín-López, B., Preiser, R., Selomane, O. & Schlüter, M. (2022). What are social-ecological systems and social-ecological systems research? En R. Biggs, A. de Vos, R. Preiser, H. Clements, K. Maciejewski, & M. Schlüter (Eds.), *The Routledge handbook of research methods for social-ecological systems* (pp. 3–26). Routledge.
- Bonatti, J., Borge, C., Herrera, B. & Paaby, P. (Eds.) (2005). *Efectos ecológicos del cultivo de la piña en la cuenca media del Río General-Térraba de Costa Rica* (Informe Técnico n° 4). SEDER-TNC.
- Céspedes Rivera, Y. M. (2023). *Análisis de Cambio En Los Paisajes Productivos de Cajón de Pérez Zeledón a Través Del Marco de Los Teleacoplamientos Para El Período 1990-2021* [Tesis de licenciatura, San Pedro, Costa Rica: Universidad de Costa Rica]. <https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/items/f29b9f7d-3229-4966-8175-18d605e265fd>
- Chaves, M. (2019). *Resultado final de la zafra 2018–2019 en Costa Rica: Un periodo agroindustrial con grandes diferencias y contrastes*. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA). <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/yWCKhLgwOeiOvQoFeuJKfdrtelkxnmYD>
- Chaves, M. & Chavarría, E. (2013). ¿Cómo se distribuye y dónde se cultiva territorialmente la caña destinada a la fabricación de azúcar en Costa Rica? Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA). [https://www.researchgate.net/publication/304014157\\_COMO\\_SE\\_DISTRIBUYE\\_Y\\_DONDE\\_SE\\_CULTIVA\\_TERRITORIALMENTE\\_LA\\_CANA\\_DESTINADA\\_A\\_LA\\_FABRICACION\\_DE\\_AZUCAR\\_EN\\_COSTA\\_RICA](https://www.researchgate.net/publication/304014157_COMO_SE_DISTRIBUYE_Y_DONDE_SE_CULTIVA_TERRITORIALMENTE_LA_CANA_DESTINADA_A_LA_FABRICACION_DE_AZUCAR_EN_COSTA_RICA)



- Clark, W. C., & Harley, A. G. (2019). *Sustainability science: Towards a synthesis* (Sustainability Science Program Working Paper 2019-01). Sustainability Science Program, John F. Kennedy School of Government, Harvard University. <https://www.hks.harvard.edu/sites/default/files/centers/mrcbg/programs/sustsci/files/SSP2019-01.pdf>
- Coenen, J., Sonderegger, G., Newig, J., Meyfroidt, P., Challies, E., Bager, S. L., Busck-Lumholt, L. M., Corbera, E., Friis, C., Frohn Pedersen, A., Laroche, P. C. S. J., Parra Paitan, C., Qin, S., Roux, N. & Zaehring, J. G. (2023). Toward spatial fit in the governance of global commodity flows. *Ecology and Society*, 28(2), Article 24. <https://doi.org/10.5751/ES-14133-280224>
- Consejo Nacional de Rectores (Costa Rica). Programa Estado de la Nación. (2017). Armonía con la naturaleza. En L. Merino Trejos & K. Chacón Araya (Eds.), *Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible 2017* (Informe Estado de la Nación, 23, pp. 177–232). Programa Estado de la Nación. <https://hdl.handle.net/20.500.12337/1070>
- Contreras Solera, M., & Díaz Porra, R. (2017). Posibilidades locales de desarrollo en presencia de enclaves: Caso de la Asociación de Productores de Piña de la comunidad de Utrapez, ubicada en la Zona Sur de CR. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 15(29), 43–72. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales/article/view/9284>
- Cruz, F. & Castro Sánchez, S. (2007). Crisis cafetalera y condiciones de vida: Pequeños y medianos productores de café en San Ramón, Alajuela, Costa Rica. *Pensamiento Actual*, 7(8-9), 9–18. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/456033>
- Díaz Aguilar, R. D., Sanchez Larico, S. V., Lujano Laura, E. & Lujano, A. (2017). Análisis multi-temporal entre 1975 y 2015 sobre cambios de la cobertura glaciaria en los nevados Allin Capac y Chichi Capac, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas – Journal of High Andean Research*, 19(3), 265–274. <https://huajsa.pata.unap.edu.pe/index.php/ria/article/view/151>
- Dirección Nacional de Extensión Agropecuaria [DNEA] (2020). *Caracterización del área de influencia de la agencia de extensión agropecuaria de San Isidro de El General*. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). [https://www.mag.go.cr/regiones/region\\_brunca/caracterizacion-AEA-sanisidro.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.mag.go.cr/regiones/region_brunca/caracterizacion-AEA-sanisidro.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- Dou, Y., da Silva, R., McCord, P., Zaehring, J., Yang, H., Furumo, P., Zhang, J., Pizarro, J. & Liu, J. (2020). Understanding how smallholders integrated into pericoupled and telecoupled systems. *Sustainability*, 12(4), 1–21. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/4/1596>
- Eakin, H., Winkels, A. & Sendzimir, J. (2009). Nested vulnerability: Exploring cross-scale linkages and vulnerability teleconnections in Mexican and Vietnamese coffee systems. *Environmental Science & Policy*, 12(4), 398–412. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2008.09.003>
- Erb, K.-H., Haberl, H., Jepsen, M. R., Kuemmerle, T., Lindner, M., Müller, D., Verburg, P. H. & Reenberg, A. (2013). A conceptual framework for analysing and measuring land-use intensity. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(5), 464–470. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.07.010>
- Espinoza-Cisneros, E. (2020). Influence of context-specific cognitions and values on pro-environmental land management in the Rio Savegre Watershed, Costa Rica. *Journal of Latin American Geography*, 19(4), 235–263. DOI: 10.1353/lag.2020.0086. <https://muse.jhu.edu/article/772587>
- Fallas Hidalgo, G., Quirós Valverde, M., Gamboa Quesada, M. y Viales Araya, E. (2006). *Diagnóstico socioeconómico región Brunca*. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. Secretaría Región Brunca
- Friis, C., Nielsen, J. Ø., Otero, I., Haberl, H., Niewöhner, J. & Hostert, P. (2016). From teleconnection to telecoupling: Taking stock of an emerging framework in land system science. *Journal of Land Use Science*, 11(2), 131–153. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2015.1096423>
- Geist, H. J. y Lambin, E. F. (2001). *What Drives Tropical Deforestation? A Meta-Analysis of Proximate and Underlying Causes of Deforestation Based on Subnational Case Study Evidence* (LUCC Report Series No. 4. LUCC International Project Office). [Oficina Internacional de Proyectos LUCC, Universidad de Lovaina] <https://www.lucc-project.org/>



[tps://www.cabidigitallibrary.org/action/doSearch?AllField=pb%3A%28%22LUCC+International+Project+Office%2C+University+of+Louvain%22%29](https://www.cabidigitallibrary.org/action/doSearch?AllField=pb%3A%28%22LUCC+International+Project+Office%2C+University+of+Louvain%22%29).

- Geist, H. J. & Lambin, E. F. (2002). Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation: Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. *BioScience*, 52(2), 143–150. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052%5b0143:PCAUDF%5d2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052%5b0143:PCAUDF%5d2.0.CO;2)
- Global Land Programme [GLP] (2024). *Global Land Programme science plan and implementation strategy 2024–2028* (Draft December 2023). College Park, Maryland, 2024. GLP Scientific Steering Committee. [https://glp.earth/sites/default/files/documents/glp/\\_draft/\\_strategy/\\_2024-2028.pdf](https://glp.earth/sites/default/files/documents/glp/_draft/_strategy/_2024-2028.pdf)
- Green, L., Schmook, B., Radel, C. & Mardero, S. (2020). Living smallholder vulnerability: The everyday experience of climate change in Calakmul, Mexico. *Journal of Latin American Geography*, 19(2), 110–142. <https://www.jstor.org/stable/48619126>
- Holdridge, L. (1967). *Life zone ecology*. Tropical Science Center.
- Hull, V. & Liu, J. (2018). Telecoupling: A new frontier for global sustainability. *Ecology and Society*, 23(4), Article 41. DOI:10.5751/ES-10494-230441
- Instituto del Café de Costa Rica [ICAFFE] (2019). *Actualización área cafetalera 2017–2018* (Informe final proyecto). <https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/Actualizacion-Area-Cafetalera-2017-2018.pdf>
- Instituto del Café de Costa Rica [ICAFFE] (2023). *Acerca del ICAFFE*. <https://www.icafe.cr/transparencia-institucional-icafe/acceso-a-la-informacion/acerca-del-icafe/index.html>
- Instituto de Desarrollo Rural [INDER] (2016a). *Caracterización del Territorio Pérez Zeledón*. <https://www.inder.go.cr/wp-content/uploads/2024/11/Caracterizacion-territorio-Perez-Zeledon.pdf>
- Instituto de Desarrollo Rural [INDER] (2016b). *Plan de desarrollo rural del Territorio Pérez Zeledón 2016–2021*. <https://es.readkong.com/page/plan-de-desarrollo-rural-del-territorio-p-rez-zeled-n-2016-3593380>
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services [IPBES]. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. En S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio, H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis and C. N. Zayas (Eds.). IPBES. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2023). *Climate change 2023: Synthesis report, summary for policymakers*. <https://doi.org/10.59327/ipcc/ar6-9789291691647.001>
- Jadin, I., Meyfroidt, P. & Lambin, E. F. (2016a). International trade, and land use intensification and spatial reorganization explain Costa Rica's forest transition. *Environmental Research*, 11(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/049502>
- Jadin, I., Meyfroidt, P., Carlos, J., Pereira, Z. & Lambin, E. F. (2016b). Unexpected Interactions between Agricultural and Forest Sectors through International Trade: Wood Pallets and Agricultural Exports in Costa Rica. *Land*, 6(1), 21. <https://doi.org/10.3390/land6010001>
- Kapsar, K. E., Hovis, C. L., Bicudo da Silva, R. F., Buchholtz, E. K., Carlson, A. K., Dou, Y., Du, Y., Furumo, P. R., Li, Y., Torres, A., Yang, D., Wan, H. Y., Zaehring, J. G. & Liu, J. (2019). Telecoupling Research: The First Five Years. *Sustainability*, 11(4), 1033. <https://doi.org/10.3390/su11041033>
- Kummer, D. M. & Turner, B. L. (1994). The human causes of deforestation in Southeast Asia. *BioScience*, 44(5), 323–328. <https://doi.org/10.2307/1312382>



- Lambin, E. F., Geist, H. J. & Lepers, E. (2003). Dynamics of Land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 28, 205–241. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>
- Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Folke, C., Bruce, J. W., Coomes, O. T., Dirzo, R., George, P. S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E. F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P. S., Richards, J. F., Steffen, W., ... Xu, J. (2001). *The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths*. *Global Environmental Change*, 11(4), 261–269. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3)
- Lambin, E. F. & Geist, H. J. (2006). Multiple impacts of land-use/cover change. En E. Lambin y H. Geist (Eds.), *Land-use and land-cover change: Local processes and global impacts* (pp. 41–70). Springer-Verlag. <https://link.springer.com/book/10.1007/3-540-32202-7>
- Ley Nº 7818 de 1998 [Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica]. *Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar*. 22 de septiembre de 1988. Sistema Costarricense de Información Jurídica. [https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=44897&nValor3=0&strTipM=TC](https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=44897&nValor3=0&strTipM=TC)
- León Sáenz, J. & Arroyo Blanco, N. (2012). *Desarrollo histórico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en el siglo XX: Aspectos económicos, institucionales y tecnológicos*. Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas, Universidad de Costa Rica.
- Liu, J. (2023). Leveraging the metacoupling framework for sustainability science and global sustainable development. *National Science Review*, 10(7), nwad090. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwad090>
- Liu, J., Hull, V., Batistella, M., Defries, R., Dietz, T., Fu, F., Hertel, T. W., Cesar, R., Lambin, E. F., Li, S., Martinelli, L. A., McConnell, W. J., Moran, E. F., Naylor, R., Ouyang, Z., Polenske, K. R., Reenberg, A., de Miranda Rocha, G., Simmons, C. S., ... Zhu, C. (2013). Framing sustainability in a telecoupled world. *Ecology and Society*, 18(2), Article 26. <https://doi.org/10.5751/ES-05873-180226>
- Liu, J., Herzberger, A., Kapsar, K., Carlson, A. K. & Connor, T. (2019). What is telecoupling? In C. Friis & J. Ø. Nielsen (Eds.), *Telecoupling* (pp. 19–48). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11105-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11105-2_2)
- Maglianesi, M. A. (2013). Desarrollo de las piñeras en Costa Rica y sus impactos sobre ecosistemas naturales y agro-urbanos. *Biocenosis*, 27(1–2), 62–70. <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/611>
- Martinez, A. M. & Montoya-Greenheck, F. (2021). The socioecological evolution of a biological corridor: A 15-year case study of the Alexander Skutch Biological Corridor in southern Costa Rica. *Journal of Rural and Community Development*, 16(1), 37–67. <https://journals.brandonu.ca/jrcd/article/view/1838>
- McCook, S. (2009). La roya del café en Costa Rica: Epidemias, innovación y medio ambiente, 1950–1995. *Revista de Historia*, (59–60), 99–117.
- McCord, P., Tonini, F. & Liu, J. (2018). The Telecoupling GeoApp: A web-GIS application to systematically analyze telecouplings and sustainable development. *Applied Geography*, 96, 16–28. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.05.001>
- Mena, S. (2020). *Análisis y monitoreo de mercados: Piña*. Consejo Nacional de Producción (CNP). [https://www.cnp.go.cr/sim/sector\\_agricola/frutas/pina/2020/M\\_Pina\\_02\\_30-10-2020.pdf](https://www.cnp.go.cr/sim/sector_agricola/frutas/pina/2020/M_Pina_02_30-10-2020.pdf)
- Meyer, W. B. & Turner, B. L. II. (1992). Human population growth and global land-use/cover change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23, 39–61. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.23.110192.000351>
- Meyfroidt, P. (2013). Environmental cognitions, land change, and social–ecological feedbacks: An overview. *Journal of Land Use Science*, 8(3), 341–367. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2012.667452>
- Meyfroidt, P., Lambin, E. F., Erb, K. H. and Hertel, T. W. (2013). Globalization of Land Use: Distant Drivers of Land Change and Geographic Displacement of Land Use. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5(5),



438–444. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.04.003>

- Meyfroidt, P., Roy Chowdhury, R., de Bremond, A., Ellis, E. C., Erb, K.-H., Filatova, T., Garrett, R. D., Grove, J. M., Heinemann, A., Kuemmerle, T., Kull, C. A., Lambin, E. F., Landon, Y., le Polain de Waroux, Y., Messerli, P., Müller, D., Nielsen, J. Ø., Peterson, G. D., Rodríguez García, V., ... Verburg, P. H. (2018). Middle-range theories of land system change. *Global Environmental Change*, 53, 52–67. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.08.006>
- Meyfroidt, P., Börner, J., Garrett, R., Gardner, T., Godar, J., Kis-Katos, K., Soares-Filho, B. & Wunder, S. (2020). Focus on leakage and spillovers: Informing land-use governance in a tele-coupled world. *Environmental Research Letters*, 15(9), 090202. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7397>
- Mora Segura, N. (2008). *Agrocadena de café. Agencia de Servicios Agropecuarios*. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/e70-9314.pdf>
- Morales Aguilar, N. y Fernández Montero, D. (2022). *Situación socioeconómica de la región Brunca. Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 2022*. Programa Estado de la Nación. <https://repositorio.conare.ac.cr/items/a175f7fb-99f9-48f6-96fb-84afd3973331>
- Newig, J., Challies, E., Cotta, B., Lenschow, A. & Schilling-Vacaflor, A. (2020). Governing global telecoupling toward environmental sustainability. *Ecology and Society*, 25(4). <https://doi.org/10.5751/ES-11844-250421>
- Parra Paitan, C. & Verburg, P. H. (2019). Methods to assess the impacts and indirect land use change caused by telecoupled agricultural supply chains: A review. *Sustainability*, 11(4), 1162. <https://doi.org/10.3390/su11041162>
- Quesada Román, A. & Zamorano Orozco, J. J. (2019). Zonificación de procesos de ladera e inundaciones a partir de un análisis morfométrico en la cuenca alta del río General, Costa Rica. *Investigaciones Geográficas*, (99), 1–19. <http://dx.doi.org/10.14350/rig.59843>
- Ruddiman, W. F. (2003). The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago. *Climatic Change*, 61(3), 261–293. <https://doi.org/10.1023/B:CLIM.0000004577.17928.f8>
- Sagan, C., Toon, O. B. & Pollack, J. B. (1979). Anthropogenic albedo changes and the Earth's climate. *Science*, 206(4425), 1363–1368. <https://doi.org/10.1126/science.206.4425.1363>
- Sauma Fiatt, P. (2015). *Las desigualdades intrarregionales y la reducción de la pobreza en la Región Brunca* (Serie de Divulgación Económica/ IICE-33). Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas. Universidad de Costa Rica. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/items/bf2c734a-71b4-40c4-aa39-d1b79b0f81f2>
- Saunders, D. A., Hobbs, R. J. & Margules, C. R. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conservation Biology*, 5(1), 18–32. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1991.tb00384.x>
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación [SINAC] (2018). *Plan estratégico 2018–2025 del Programa Nacional de Corredores Biológicos de Costa Rica* (Informe Final). [https://enbcr.go.cr/sites/default/files/sinac\\_2018\\_planestrategico\\_programa\\_nacional\\_de\\_corredores\\_biologicos\\_costa\\_rica.pdf](https://enbcr.go.cr/sites/default/files/sinac_2018_planestrategico_programa_nacional_de_corredores_biologicos_costa_rica.pdf)
- Trimble, S. W. & Crosson, P. (2000). U.S. soil erosion rates—Myth and reality. *Science*, 289(5477), 248–250. <https://doi.org/10.1126/science.289.5477.248>
- Turner, B. L. II, Meyfroidt, P., Kuemmerle, T., Müller, D. & Roy Chowdhury, R. (2020). Framing the search for a theory of land use. *Journal of Land Use Science*, 15(4), 489–508. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2020.1811792>
- Vitousek, P. M. (1994). Beyond global warming: Ecology and global change. *Ecology*, 75(7), 1861–1876. <https://doi.org/10.2307/1941591>
- Woodwell, G. M., Hobbie, J. E., Houghton, R. A., Melillo, J. M., Moore, B., Peterson, B. J. & Shaver, G. R. (1983). Global deforestation: Contribution to atmospheric carbon dioxide. *Science*, 222(4628), 1081–1086. <https://doi.org/10.1126/science.222.4628.1081>

Zimmerer, K., Lambin, E. F. & Vanek, S. (2018). Smallholder telecoupling and potential sustainability. *Ecology and Society*, 23(1), Article 30. <https://doi.org/10.5751/ES-09935-230130>

## Notas

1. Enfatizar que esta investigación corresponde a un trabajo final de graduación (TFG) de la licenciatura en Geografía de la Universidad de Costa Rica, titulado “Análisis de cambio en los paisajes productivos de Cajón de Pérez Zeledón a través del marco de los teleacoplamientos para el período 1990-2021” (ver (Céspedes Rivera, 2023) en sección de Referencias). El TFG fue adaptado para su publicación en revista científica. El TFG se encuentra en el repositorio del Sistema de Bibliotecas, Documentación e Información de la Universidad de Costa Rica (SIBDI-UCR) <https://tinyurl.com/5cvsmmkr>.

↑

