

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ciencias Sociales
Escuela de Geografía

ANÁLISIS DE CAMBIO EN LOS PAISAJES PRODUCTIVOS DE CAJÓN DE
PÉREZ ZELEDÓN A TRAVÉS DEL MARCO DE LOS TELEACOPLAMIENTOS
PARA EL PERÍODO 1990-2021.

Estudiante:

Yonner Manuel Céspedes Rivera

Investigación dirigida presentada al comité examinador de la Universidad de Costa Rica en cumplimiento de los requerimientos para obtener el grado de licenciatura en Geografía, marzo, 2023.

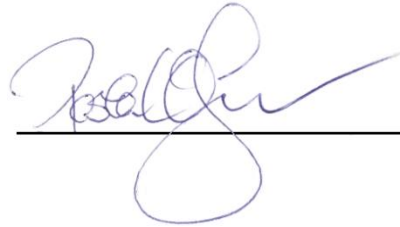
Director de Tesis: PhD. Edgar Espinoza Cisneros

Lectora evaluadora: M.Sc. María José Molina Montero

Lector evaluador: M.Sc. Rubén Martínez Barbáchano


Tribunal Examinador Trabajo Final de Graduación

Director de la Escuela de Geografía




M.Sc. Pascal Girot Pignot

Director de Tesis



PhD. Edgar Espinoza Cisneros

Lector Evaluador



M. Sc. Rubén Martínez Barbáchano

Lectora Evaluadora



M.Sc. María José Molina Montero

Lector Examinador



M.Sc. Melvin Lizano Araya

Sustentante



Yonner Manuel Céspedes Rivera

DERECHOS DE AUTOR

Por

Yonner Manuel Céspedes Rivera

2023

USO JUSTO Y DECLARACIÓN DE PERMISO DEL AUTOR

Uso justo

El presente trabajo está protegido por la normativa vigente de derechos de autor de la República de Costa Rica. De forma consistente, se permite citas breves de este material con el adecuado y apropiado reconocimiento. El uso de este material con fines de lucro o comerciales no está permitido sin el consentimiento expreso del autor.

Permiso de duplicación

Como dueño de los derechos de autor de este trabajo, yo, Yonner Manuel Céspedes Rivera, niego el permiso de copiar, al excederse del criterio de uso justo, este documento sin un consentimiento escrito expreso.

DEDICATORIA

A Dios primeramente por darme tanto, a mis padres Victor y Seidy, a mi abuela Florinda, por ser una luz constante en mi camino, por creer en mí y apoyarme incondicionalmente. A mi hermano Jesús por tanta ayuda brindada, por incentivar me en los momentos difíciles del proceso y estar siempre presente, a cada uno de mis hermanos (Kenneth, Yendri, Hillary, Yani), a mi primo-hermano Jonathan y mis sobrinos (Oogway y Chinito).

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi familia que siempre han sido una fuente de inspiración para seguir adelante y poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. En especial a mis padres por los sacrificios hechos para que pudiera centrarme en los estudios y nunca abandonarlos, con su cariño me han impulsado a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

Al sistema educacional Costarricense que me ha acompañado a lo largo de muchos años, permitiéndome culminar una meta tan importante. A la Universidad de Costa Rica, en la que he sacrificado horas de sueño, reuniones familiares, salidas... ¡pero que así mismo la recompensa ha sido enorme!, permitiéndome crecer como persona y como profesional en el proceso de conseguir el anhelado título.

Les agradezco muy profundamente a mis tutores el profesor Edgar Espinoza Cisneros, el profesor Rubén Martínez Barbáchano, a la profesora María Molina Montero, por su gran dedicación y paciencia, sin sus correcciones precisas no hubiese podido culminar este proyecto. Además, por creer en mi persona, por apoyarme cuando lo requería y tener siempre palabras de aliento en momentos adversos. Gracias por su guía y todos sus consejos, son grandes persona y profesionales; siempre los llevaré grabados en la memoria en mi futuro profesional.

Por último, agradecerles a Omar, Tomás, Manfred, Cristhian, a todos mis compañeros y profesores los cuales muchos de ellos se han convertido en mis amigos. Gracias por las horas compartidas, los trabajos realizados, giras, charlas geográficas y las historias vividas.

¡Muchas gracias a todos!

LISTA DE CONTENIDOS

LISTA DE CONTENIDOS.....	vi
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE ABREVIACIONES	x
RESUMEN	xiii
Introducción.....	14
Capítulo 1. Aspectos generales.....	15
Delimitación y caracterización del área de estudio.....	15
Aspectos socioeconómicos de la población de Cajón.....	19
Caracterización de los factores biofísicos del área de estudio	21
Justificación	27
Problema de investigación.....	29
Objetivos	31
Objetivo general	31
Objetivos específicos	31
Antecedentes temáticos.....	31
Estudios enfocados en los cambios paisajísticos en el territorio costarricense	32
Trabajos nacionales asociados a la estructura, configuración y factores de cambio espaciales	34
Estudios internacionales sobre el cambio paisajístico	36
Estudios realizados desde el marco de los teleacoplamientos	38
Marco teórico-conceptual.....	39
Marco metodológico	44

Componentes biofísicos y socioeconómicos: el paisaje socio-ecológico conceptualizado a través del sistema complejo adaptativo.....	44
Estructura y composición paisajística en Cajón con especial énfasis en las actividades productivas	53
Teleacoplamientos y cambio paisajístico: Factores socioeconómicos, políticos y ambientales asociados.....	59
Capítulo 2. Aplicación del Marco del Sistema Socio-ecológico (SES) para la caracterización del paisaje del distrito Cajón	65
Introducción	65
Resultados y discusión	66
Sistema de recurso (RS) y unidad de recurso (RU).....	67
Entorno social, político y económico en el área de estudio y su relación con el paisaje agrícola: Sistema de gobernanza (GS), actores (A), situaciones de acción (I) y escenario social, económico y político (S).....	70
Relación ambiental con el paisaje agrícola del distrito Cajón. Criterio de resultados (O) y ecosistemas relacionados (ECO)	77
Capítulo 3. Cambios espacio-temporales en el distrito de Cajón, período 1997-2021	79
Introducción	79
Resultados y discusión	80
Cartografía, cuadros y gráficos de la distribución de coberturas para Cajón en los años 1997 y 2021.....	81
Validación de las clasificaciones supervisadas para los años de 1997 y 2021	86
Capítulo 4. Cambios paisajísticos en el Marco de los Teleacoplamientos (MT) para el distrito Cajón: factores socioeconómicos, políticos y ambientales asociados	88
Introducción	88
Resultados y discusión	89

Aspectos históricos relevantes en el periodo estudiado en los procesos de teleacoplamientos existentes dentro del distrito de Cajón que desencadenan en cambios paisajísticos	89
Análisis de los teleacoplamientos encontrados mediante el MT	94
Datos sobre los flujos de los cultivos de café, piña y caña de azúcar desde el MT ...	97
Sistemas de envío y recepción de flujos, agentes, causas y efectos de productos agrícolas.	103
Teleacoplamiento del producto del café en el distrito de Cajón	104
Teleacoplamiento del producto de la piña en el distrito de Cajón	107
Teleacoplamiento del producto de la caña de azúcar en el distrito de Cajón.....	111
Conclusiones.....	115
Recomendaciones.....	118
Bibliografía	119

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. 1. Distribución poblacional del distrito Cajón por zona año 2000.....	18
Cuadro 1. 2. Distribución poblacional del distrito Cajón por zona, año 2011.....	19
Cuadro 1. 3. Zonas de vida de Holdridge distribuidas por área para el distrito de Cajón.	24
Cuadro 1. 4. Distribución por área de los órdenes de suelo para el distrito de Cajón.	27
Cuadro 1. 5. Variables de segundo nivel de los subsistemas del marco SES utilizadas en el estudio relacionado con aspectos biofísicos y socioeconómicos, como la razón general para su exclusión o inclusión.....	47
Cuadro 1. 6. Razón de escogencia de las variables del marco SES.....	51
Cuadro 1. 7. Índices y bandas (covariables) de los sensores Landsat 5 y 8; datos de entrada para desarrollar la clasificación supervisada con el modelo Random Forest en adelante RF.	55
Cuadro 1. 8. Instituciones y entidades contactadas para la petición de información.....	61
Cuadro 2. 1. Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales relevantes como actores del sector agrícola dentro del distrito Cajón.	70

Cuadro 3. 1. Matriz de confusión clasificación supervisada en el distrito de Cajón para el año 1997.	86
Cuadro 3. 2. Matriz de confusión clasificación supervisada en el distrito de Cajón para el año 2021.	87
Cuadro 4. 1. Flujo de café al sistema de recepción desde el distrito de Cajón en el año 2021, por toneladas (T).	97
Cuadro 4. 2. Flujo de piña al sistema de recepción desde la zona sur, año 2019, por toneladas (T).	99
Cuadro 4. 3. Flujo de caña de azúcar al sistema de recepción desde el distrito de Cajón año 2021, por toneladas (T).	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1. Mapa de ubicación del distrito de Cajón, Pérez Zeledón, Costa Rica.	16
Figura 1. 2. Población del distrito Cajón año 1990.	17
Figura 1. 3. Población del distrito Cajón año 2000 y 2011.	17
Figura 1. 4. Distribución de población del distrito Cajón por condición laboral, año 2000.	20
Figura 1. 5. Distribución de población del distrito Cajón por condición laboral, año 2011.	21
Figura 1. 6. Mapa de precipitación media y temperatura media para el distrito de Cajón.	24
Figura 1. 7. Mapa de zonas de vida de Holdridge, distrito Cajón.	25
Figura 1. 8. Mapa de suelos, distrito Cajón.	26
Figura 1. 9. Descripción general del flujo metodológico de caracterización de la estructura y dinámica paisajística de Cajón, Pérez Zeledón.	45
Figura 1. 10. Estructura básica de subsistemas de marco del SES adaptado al estudio paisajístico productivo en Cajón.	46
Figura 1. 11. Rango del espectro visible de las bandas RGB (siglas en inglés).	54
Figura 1. 12. Algoritmo Random Forest.	57
Figura 1. 13. Descripción general metodológica del Marco de Teleacoplamiento.	60
Figura 1. 14. Imagen del flujo de piña en entorno web de la aplicación de telecoupling Geo-App.	64
Figura 1. 15. Imagen del entorno web de Google Colaboratory con el script desarrollado.	64

Figura 2. 1. Afectaciones ambientales en el distrito de Cajón según entidades entrevistadas.	74
Figura 2. 2. Medios de comunicación utilizado por productores para tratar temas agrícolas.	77
Figura 3. 1. Mapa de usos de la tierra en el distrito de Cajón para el año 1997.	83
Figura 3. 2. Mapa de usos de la tierra en el distrito de Cajón para el año 2021.	84
Figura 3. 3. Gráficos de usos de la tierra en el distrito de Cajón para el año 1997 y 2021.	85
Figura 4. 1. Cambios acontecidos en el área de estudios debido a procesos comerciales, económicos, y sociales de procesos distantes acoplados entre sistemas naturales y humanos.	93
Figura 4. 2. Diagrama del MT con los teleacoples detectados para el Cantón de Pérez Zeledón y el distrito de Cajón en el año 2019, en el caso de la piña y 2021 para el café y la caña de azúcar.	97
Figura 4. 3. Mapa del flujo de café al sistema de recepción desde el distrito de Cajón en el año 2021, por toneladas exportadas.	104
Figura 4. 4. Mapa del flujo de piña al sistema de recepción desde el distrito de Cajón en el año 2019, por toneladas exportadas.	108
Figura 4. 5. Cultivo de piña año 2023: muestra de degradación de suelo (ambas) y remanente de quema del cultivo para recambio del mismo (imagen izquierda).	111
Figura 4. 6. Mapa del flujo de caña de azúcar al sistema de recepción desde el distrito de Cajón en el año 2021, por toneladas exportadas.	112
Figura 4. 7. Cultivo de caña de azúcar, año 2020 y 2023. Muestra la degradación de suelo debido a la labranza de caminos de las parcelas (izquierda) y de labranza de parcelas (derecha).	113

LISTA DE ABREVIACIONES

Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña (CANAPEP)

Centro Nacional de Información Geo- Ambiental (CENIGA)

Componentes Principales (PCA)

CoopeAgri El General Responsabilidad Limitada (CoopeAgri)

Cooperativa de Productores Agroindustriales de Cedral de Cajón de Pérez Zeledón Responsabilidad Limitada (CoopeCedral R.L.)

Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)

Dirección Nacional de Extensión Agropecuaria (DNEA)

Estados Unidos (EE. UU)

Google Earth Engine (GEE)

Hectáreas (ha)

Instituto de Desarrollo Rural (Inder)

Iniciativas de Economía Alternativa y Solidaria (IDEAS)

Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE)

Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS)

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA)

Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU)

La Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)

Machine Learning (ML)

Marco de los teleacoplamientos (MT)

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC)

Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH)

Parque Nacional Chirripó (PNC)

Pineapple Development Corporation-Del Monte (PINDECO)

Plan Regulador Cantonal (PRC)

Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER)

Random Forest (RF)

Remotely Piloted Aircraft System (RPAS)

Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA)

Sistemas Acoplados (SA)

Sistema de Información Geográfica (SIG)

Sistema de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS)

Sistemas Socioecológicos (SES)

Volcafé Beneficios Sociedad Anónima (VOLCAFE)

RESUMEN

La presente investigación se centra en comprender la configuración paisajística del distrito de Cajón a través del análisis de los sistemas productivos agrícolas de café, caña de azúcar y piña. El trabajo tiene la finalidad de ser un insumo útil para la toma de decisiones en el ordenamiento del espacio, que su vez permita colaborar con la preservación del medioambiente dentro del área estudiada, siendo pertinente para la Municipalidad de Pérez Zeledón y el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, que están en conjunto desarrollando el Plan Regulador Cantonal (PRC) de Pérez Zeledón.

El trabajo centra su desarrollo metodológico en el marco de los teleacoplamientos desarrollado por Liu et al. (2019), con la ayuda de los sistemas socioecológicos y el mapeo de la estructura del paisaje, esto con el objetivo de profundizar en el análisis de la configuración paisajística de Cajón, utilizando las herramientas que provee dicho marco para la identificación de las interacciones socioeconómicas y ambientales a distancia que se han desarrollado en la zona y de cómo han configurado el paisaje.

En el primer capítulo se muestran los aspectos generales de la investigación, en donde se evidencia el problema, la justificación y los objetivos, además se encuentran los conceptos básicos manejados y la explicación detallada de la metodología utilizada, así como la forma de validación de los resultados. En el segundo capítulo se aborda la caracterización del distrito Cajón mediante el marco del sistema socio-ecológico para entender las dinámicas socioeconómicas, políticas y ambientales que influyen en el recurso productivo agrícola y en las dinámicas naturales, que a su vez es insumo para el capítulo final.

En cuanto al capítulo tres muestra el resultado de la estructura y composición del paisaje mediante el mapeo de las principales coberturas con el uso del modelo de Machine Learning de Random Forest para el desarrollo de las clasificaciones supervisadas para los años 1997 y 2021, con lo cual se evidencia los cambios acontecidos a lo largo del período estudiado - detallar que también fue insumo para el desarrollo de los teleacoplamientos-. Para el último capítulo se especifican los teleacoplamientos existentes mediante la determinación y análisis de cada uno de los componentes del marco de los teleacoplamientos, arrojando cómo es que diversos factores a múltiples escalas influyen en la actual configuración del paisaje en el área de estudio.

Introducción

El estudio del paisaje desde la geografía tiene como finalidad comprender, analizar y encontrar respuestas a procesos, dinámicas o fenómenos que suceden en el espacio. En sí, el paisaje, por la influencia del ser humano está sufriendo grandes cambios, los cuales deben ser mejor comprendidos para evitar problemas diversos. Los estudios de cambios en el paisaje son de vital importancia en el desarrollo de políticas dirigidas al ordenamiento del espacio, así como para la gestión y la preservación de los entornos rurales y áreas de conservación. Por tanto, la disciplina geográfica busca brindar insumos para reconciliar las actividades de conservación y desarrollo en los paisajes, siendo el objetivo de la presente investigación mediante el análisis de los principales cambios agrícolas en el distrito de Cajón.

La degradación del paisaje se asocia con cambios en los usos de la tierra, pérdida de cobertura vegetal, suelos, fauna, fragmentación entre otros elementos (Cortes et al., 1998; Lambin et al., 2003). De igual forma, los patrones de producción son responsables de los cambios que se presentan en el paisaje, donde las fuerzas de mercado, políticas económicas e inversión de capitales, generan un patrón de cambio en el espacio. La influencia del mercado global y de capital determina qué bienes y servicios se desarrollan en determinados lugares, teniendo consecuencias y repercusiones tanto en el sitio de origen como en otras partes del mundo. Estas influencias distantes que influyen en los cambios paisajísticos se conocen como teleacoplamientos (Caba Villalobos et al., 2011; Grau y Gasparri, 2018).

El teleacoplamiento es un concepto general que abarca el estudio de interacciones distantes, el cual es de vital importancia en la investigación de diversos sistemas, permitiendo examinar explícitamente las interacciones acopladas a distancia y retroalimentaciones en múltiples escalas mediante aspectos socioeconómicos, políticos y ambientales entre sistemas humanos y naturales. A su vez, integra la investigación multidisciplinaria en una comprensión más holística de los aspectos socioeconómicos y ecológicos. Es decir, ayuda a monitorear y relacionar distintos fenómenos desde diferentes áreas de estudio permitiendo tener un panorama más amplio y de razonamiento sobre estos aspectos. De igual forma, beneficia la creación de sistemas de gobernanza teleacoplados

y a abordar desafíos como los planteados por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que son de índole global (Tonini y Liu, 2017; Liu et al., 2019).

Por tanto, mediante el uso de la teledetección con imágenes satelitales, lenguaje java script, R Studio, fotointerpretación, trabajo de campo y otras herramientas, se estudió los patrones espaciales de cambio que han sucedido en el tiempo en los paisajes productivos de Cajón, para así poder relacionarlos con los procesos socioeconómicos, políticos y ambientales distantes (teleacoplamientos) que han acontecido en el lugar y evidenciar su influencia en el espacio.

Capítulo 1. Aspectos generales

Delimitación y caracterización del área de estudio

El área de estudio se ubica en Pérez Zeledón, Costa Rica. Comprende el distrito de Cajón (Figura 1.1), el cual tiene un área aproximada de 11 886 ha, con una población de 8 542 personas. En tanto, Pérez Zeledón como cantón cuenta con una población en crecimiento de un 9.17% en relación entre el censo 2001 y el censo de 2011 (134.534 habitantes). De esta población, el 51.9% habita en zona rural, sin embargo, Cajón respecto a los demás distritos cuenta con una menor cantidad de habitantes, un 5.1% del total cantonal según información del Instituto de Desarrollo Rural, en adelante Inder (2016b, 2016a).

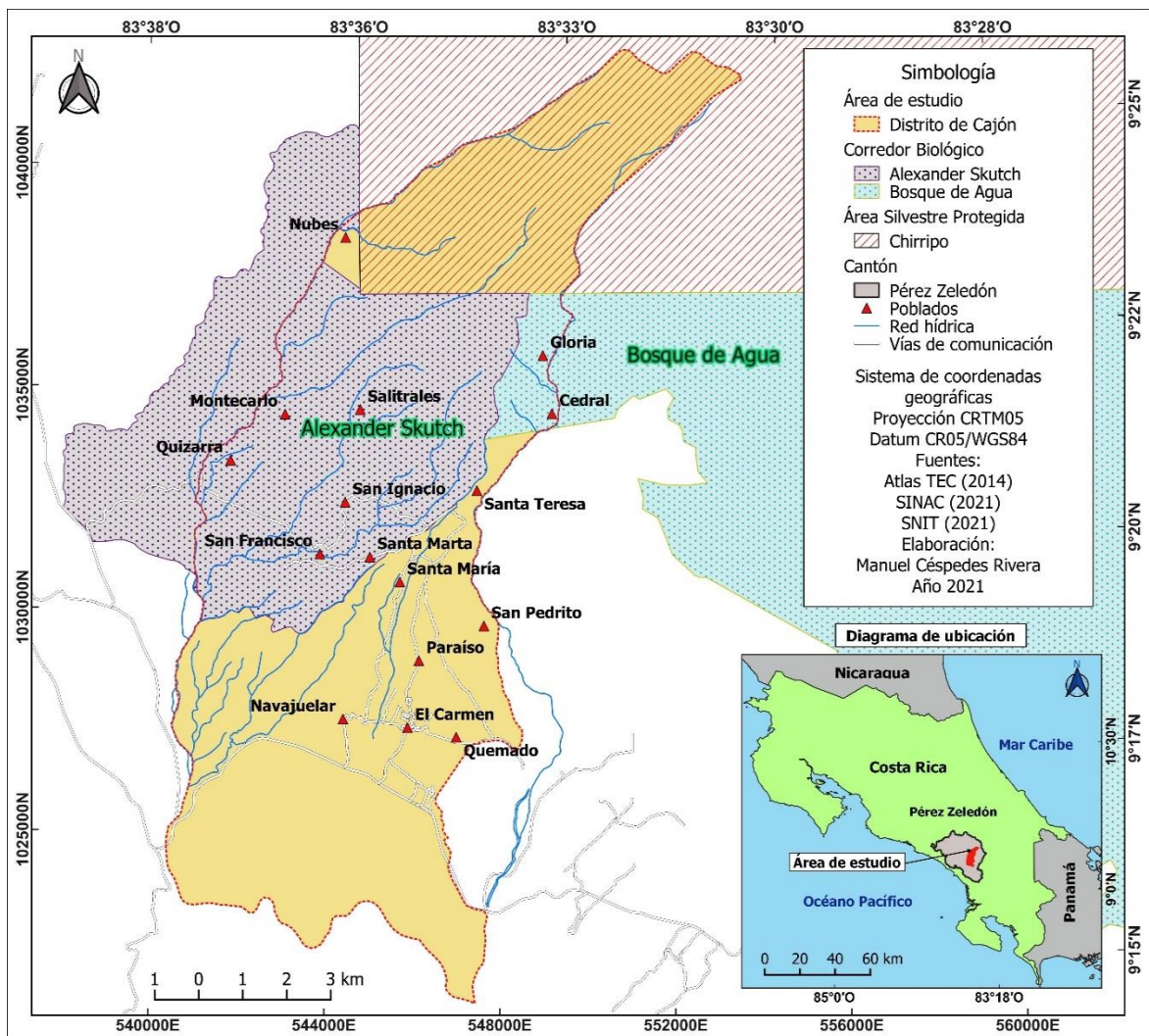


Figura 1. 1. Mapa de ubicación del distrito de Cajón, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Fuente. Elaboración propia.

La evolución demográfica del distrito se logra evidenciar mediante el escrutinio de la base de datos censales del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos el cual se denominará en consiguiente como INEC (2021a, 2021b, 2021c). En la figura 1.2 se presenta información concerniente a un estimado poblacional para el año 1990 que se realizó con los datos del censo de 1984 y el censo del año 2000. Para dicho período se obtuvo un estimado total de 5 456 personas en el distrito Cajón. A su vez se infiere que esta población se encontraba en un entorno completamente rural.

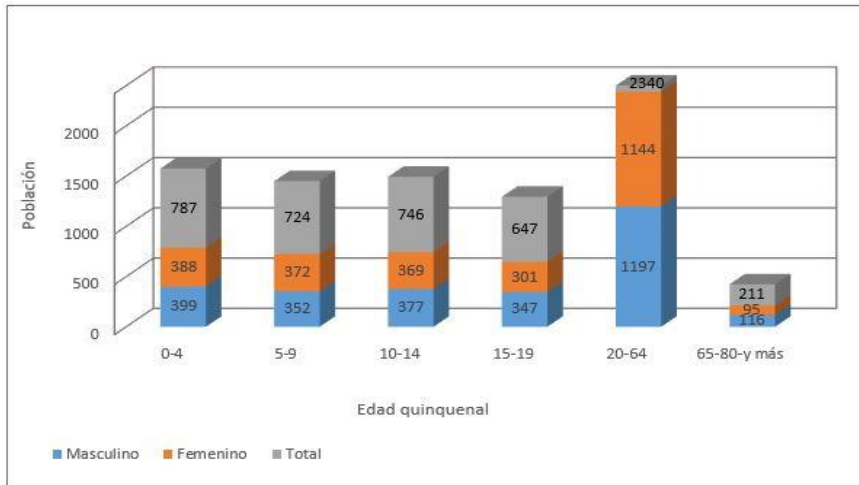


Figura 1. 2. Población del distrito Cajón año 1990.

Fuente: Elaboración propia a partir de (INEC, 2021b, 2021c).

Ahora bien, para el periodo del año 2000 el distrito contaba con un total de 7 467 individuos, cuya distribución por rango de edad se muestra en la figura 1.3, donde los rangos de población más joven son los que cuentan con un mayor número población. Por otra parte, el rango de edad de 20 a 64 años correspondiente a la población económicamente activa (PEA), tiene la mayor concentración de individuos y es de suma importancia en el ámbito económico de un área administrativa para el buen funcionamiento socioeconómico de dicha zona (INEC, 2021c).

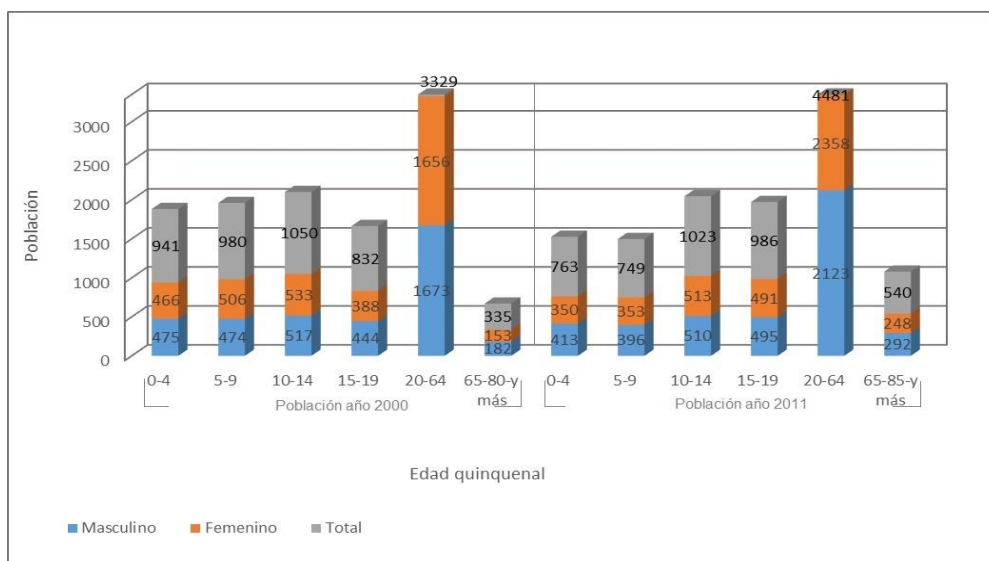


Figura 1. 3. Población del distrito Cajón año 2000 y 2011.

Fuente: Elaboración propia a partir de (INEC, 2021c, 2021a).

En cuanto al avance en materia de infraestructura y crecimiento de la población vemos que en comparación entre 1990 y el año 2000, el número de individuos incrementó en 2 011 personas. Por otra parte, como se logra observar en el cuadro 1.1, ya para el año 2000 se zonifica el área del distrito en población rural dispersa y rural concentrada, es decir, hay diferencia respecto al período de 1990 que la distribución poblacional era solamente rural dispersa, denotando un aumento en el número de personas y de su densidad en ciertos sectores.

Cuadro 1. 1. Distribución poblacional del distrito Cajón por zona año 2000.

Zona	Masculino	Femenino	%	Total
Rural concentrado	203	198	5,4	401
Rural disperso	3562	3504	94,6	7066
Total	3765	3702	100	7467

Fuente. Elaboración propia a partir de (INEC, 2021c).

Ya para 2011 la población creció en 3 086 individuos en comparación con el periodo de 1990, con un total de 8 542 personas para dicho censo, a su vez podemos observar en las figura 1.2-1.3 (año 2011) (INEC, 2021a), algunos aspectos trascendentales en la configuración de la población en comparación con los periodos de 1990 y el año 2000. En principio se observa cómo en los tres primeros grupos de edad (0 a 14 años) la población disminuyó en contraste con los datos censales del 2000, que en principio entre los años 1990 y 2000 venía incrementado estos grupos poblacionales, es decir, se evidencia una desaceleración en el recambio poblacional del distrito y una menor cantidad de nacimientos ya que el grupo de edad de 0 a 4 años tuvo una pérdida considerable de población a pesar de que a nivel general hubo un incremento de población. Otro grupo de población que muestra un cambio importante para mencionar, es el de población de *65-85 y más años*, pues al contrario de los rangos de edad entes mencionados, este grupo incrementó el número de individuos (205 personas más) que a pesar de no ser tan considerable, nos deja claro que la población está envejeciendo, sin embargo, se debe anotar que la PEA y el grupo de edad de 15-19 años incrementó la cantidad de individuos lo cual es de vital importancia para el desarrollo socioeconómico del distrito.

Para el periodo de 2011 el INEC (2021c), señala una división de la población del distrito por zona rural y urbana, lo cual se muestra en el cuadro 1.2, siendo hasta este periodo cuando el distrito de Cajón cuenta con una porción de población viviendo en área urbana, con un 19.8% del total de población, lo que es un valor importante para una zona que no había tenido concentración poblacional de índole urbano, por tanto se ha dado una mayor concentración de población y de desarrollo de infraestructura público-privada.

Cuadro 1. 2. Distribución poblacional del distrito Cajón por zona, año 2011.

Zona	Masculino	Femenino	%	Total
Rural	3433	3420	80,2	6853
Urbana	796	893	19,8	1689
Total	4229	4313	100	8542

Fuente. Elaboración propia a partir de (INEC, 2021a).

Aspectos socioeconómicos de la población de Cajón

En el ámbito socioeconómico, los sectores de actividad productiva que concentran la mayor cantidad de la población en el cantón de Pérez Zeledón son la agricultura, ganadería y pesca con un 26.4% en conjunto, seguidos por el comercio con un 18.7%, la enseñanza (8.5%), la industria (7.2%), prestación de servicio a hogares (5.6%), y la construcción (5.9%); el resto de la población se distribuye entre las distintas actividades relacionadas con la administración pública, prestación de servicios en transporte, alojamiento y alimentación, entre otros (Inder, 2016b).

El Censo Agropecuario de 2014 registró un total de 8.059 fincas, evidenciando a mayor detalle las actividades productivas del área estudiada. Según datos del Inder (2016a), un 46.7% de estas fincas están dedicadas a la actividad agrícola, enfatizándose en la producción de café, caña de azúcar y granos básicos, por su parte, la actividad pecuaria (acuicultura, avicultura, ganado porcino, ganado vacuno de engorde, producción de leche y especies menores) presentó un 46.9% del total de fincas. En síntesis, el desarrollo productivo del cantón es principalmente agropecuario, mientras que un 6.2% del área del territorio se dedica a desarrollar actividades como turismo rural, protección de bosques y otras actividades (Inder, 2016a).

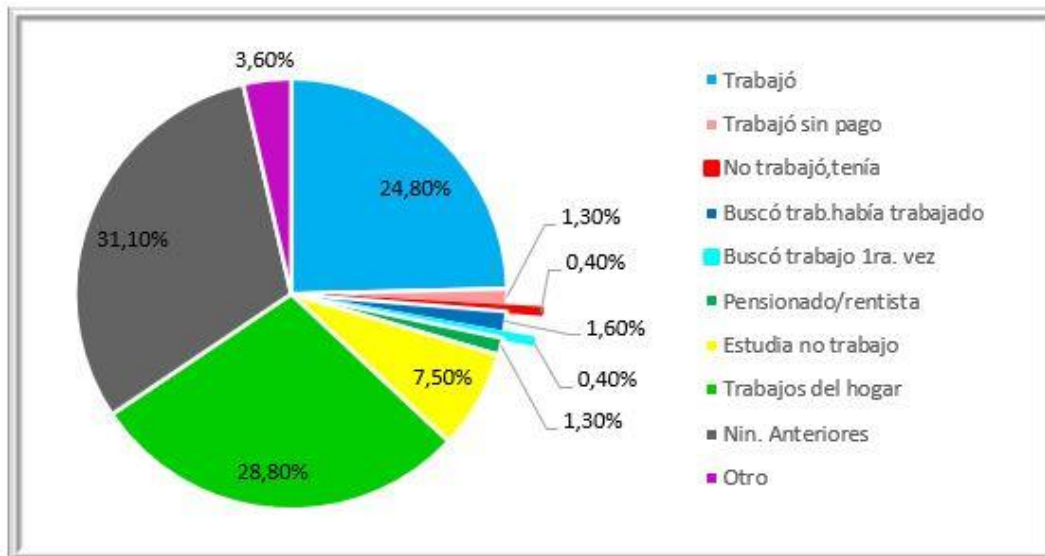


Figura 1. 4. Distribución de población del distrito Cajón por condición laboral, año 2000. Fuente. Elaboración propia a partir de (INEC, 2021c).

Enlazando la información anterior con la condición laboral de la población, en las figuras 1.4 y 1.5 se muestra a detalle esta temática para los años 2000 y 2011. Para 1990 no se pudo obtener datos precisos debido a que la información poblacional de este periodo fue un estimado censal. Retomando lo antes mencionado; en la figura 1.4, el gráfico muestra que más de un 31% de la población no estaba dentro de las condiciones laborales del momento, lo cual representaba una cantidad importante de la población. A su vez, un 28.8% de los pobladores se dedicaban a trabajos del hogar que en su mayoría era desempeñada por mujeres, con un total de 1 997 mujeres versus 93 hombres (INEC, 2021c). Por último, de las diversas condiciones laborales que se terminan de repartir la ocupación poblacional son; trabajo con un 24.8% y estudio con un 7.5%. Las otras condiciones ocupacionales presentan valores mucho más bajos respecto a lo previamente descrito -evidenciados en la figura 1.4 de datos graficados-.

Para el periodo de 2011 se acrecentó el porcentaje de personas laborando respecto al año 2000, presentó un incremento de 24.8% a un 27.8% de quienes se encontraban en esa condición, este porcentaje representa un importante número de individuos respecto al total de personas según se observa en la figura 1.5 (INEC, 2021a). Por otra parte, hay un porcentaje considerable de personas que no tenían empleo por diversas razones, entre los cuales estaban personas pensionadas (2.7%), inactivos por otras situaciones (6.4%), los

que se dedicaban a labores del hogar que al igual que el año 2000 en su mayoría era realizado por mujeres, sin embargo, el porcentaje de este rubro disminuyó en un 5.3% en relación al periodo del 2000. Po su parte, 15.6% de personas se dedicaban a estudiar sin presentar ninguna otra labor, por último, otra de las condiciones que registraban un porcentaje importante de población, eran aquellos que no se encasillaban en ninguna de las opciones laborales presentadas con un 22.4% (INEC, 2021a).

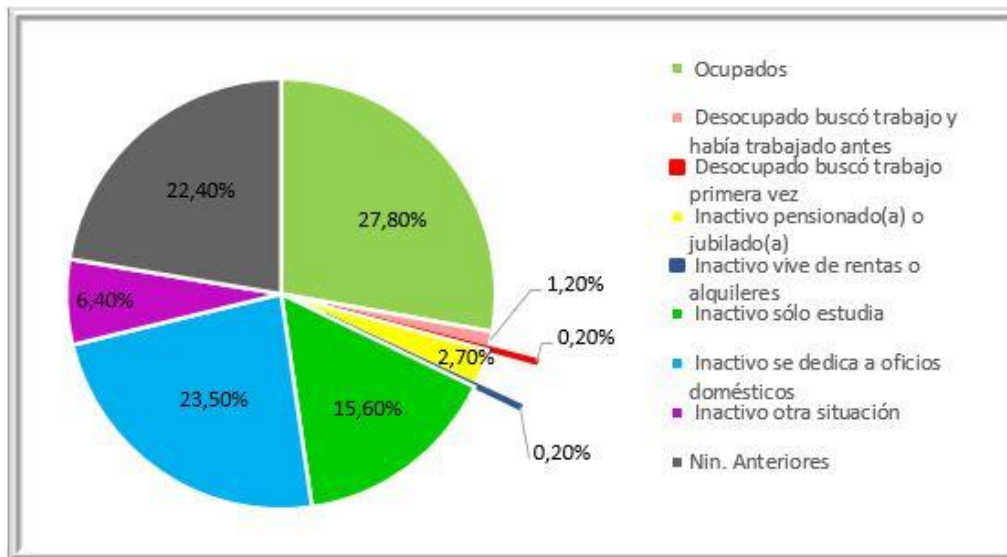


Figura 1. 5. Distribución de población del distrito Cajón por condición laboral, año 2011. Fuente. Elaboración propia a partir de (INEC, 2021a).

Caracterización de los factores biofísicos del área de estudio

En cuanto a los factores biofísicos que imperan en el distrito de Cajón, en principio su geomorfología está dada por dos principales regiones fisiográficas como sistema morfogenético: la Cordillera de Talamanca y la Fila Brunqueña, que de acuerdo con Quesada Román & Zamorano Orozco (2018), determinan la dinámica geomorfológica del área de estudio. La evolución de estos dos conjuntos montañosos están fuertemente vinculados a condiciones endógenas, como la intensa precipitación que ronda entre 2500 y 5500 mm anuales generando importantes cambios en los materiales parentales in situ, a su vez se vincula con las distintas formaciones vegetales que influyen la configuración geomorfológica del sitio (Quesada Román & Zamorano Orozco, 2018). Por su parte, el clima, al ser uno de los principales factores modificantes de los materiales parentales por su acción física y potenciadora de la meteorización química-biológica del material parental, es de los

principales factores formadores de suelo (geopedología), pues al ser una zona con alta precipitación, humedad y temperatura, encontramos suelos lateríticos de orden ultisol y oxisol en los que intervienen procesos de erosión y acumulación de detritos a gran escala y que es un proceso típico en los trópicos (Camacho, Quesada Román, et al., 2020).

Los procesos morfogenéticos endógenos del área de estudio no conservan su forma inicial ya que la acción exógena antes descrita ha meteorizado las formaciones geomorfológicas de las secciones de la Cordillera de Talamanca, sección media-baja del valle del general y el piedemonte que confluye con la Fila Brunqueña, teniendo como resultado la sobreposición de secuencias de fanglomerados que definen una morfología de abanicos aluviales que según lo expuesto por Quesada Román & Zamorano Orozco (2019), se puede señalar que estos abanicos aluviales constituyen la base de la geomorfología de la zona. En particular, en las cercanías del Valle de El General los conos de deyección presentan pendientes muy importantes entre los 25° y 30°, como producto de los depósitos fluviales y torrenciales durante el Cuaternario y de la acción glacial del deshielo de los sectores montañosos. En tanto, la pendiente en interacción con la precipitación, litología y estructuras disyuntivas, favorecen y magnifican los movimientos de ladera en especial en las cabeceras de los ríos; pendientes con valores >15° son característicos de la llanura aluvial y la rampa acumulativa proluvial. En lo correspondiente a las sierras menores, la inclinación es heterogénea y responde a litología variada que favorece la incisión de valles lo cual es notorio en el área de estudio (Quesada Román & Zamorano Orozco, 2019b).

Respecto al clima y vegetación del área de estudio, factores como la topografía repercute de manera visible en la condición lluviosa del distrito con promedios pluviales que van de los 4500 a los 5000 mm anuales, según lo revelan datos de la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria citada en adelante como SEPSA (2015). Esto influye en el tipo de vegetación que se presenta en la zona, sin embargo, estos valores suelen cambiar debido a las características topográficas del sitio en cuestión, de acuerdo a Quesada Román & Zamorano Orozco (2019a), las estaciones meteorológicas que se encuentran en la zona evidencian como la precipitación en el territorio condiciona la evolución del relieve y viceversa. Conforme a esta variable (topografía), las lluvias en las montañas con elevaciones mayores a los 1000 msnm superan con facilidad los 4000 mm de lluvia, mientras que en zonas de menor elevación los valores disminuyen (ver figura 1.6). A su vez, debido a estas condiciones de precipitación la humedad relativa promedio anual

es generalmente alta y bastante uniforme, oscilando entre 80 y 90% (Quesada Román & Zamorano Orozco, 2019b).

Respecto a la temperatura, la máxima es de 27.9 °C y la mínima de 20.5 °C, en el mapa de temperatura media (figura 1.6), se muestra menores temperaturas hacia el norte, mientras que el sector sur va aumentando la temperatura. En el mapa de precipitación media muestra la misma tendencia de mayores niveles de lluvia hacia los sectores norte y noreste, mientras que hacia el sector sur disminuyen los valores de precipitación (figura 1.6). Ahora bien, el promedio de temperatura media anual para Cajón se encuentra aproximadamente en 23.2 °C y las precipitaciones anuales son de 2619 mm. Se tienen dos estaciones marcadas; la estación seca que va desde mediados de diciembre hasta mediados de abril, caracterizada por temperaturas considerablemente cálidas respecto a la época de lluvia. La época lluviosa se da a mediados de abril y llega a mediados de diciembre, siendo una época usualmente con mañanas soleadas y tardes lluviosas. Presenta la menor precipitación de diciembre a abril (llueve aproximadamente el 15% del total anual) y la de mayor cantidad precipitada en mayo a noviembre que corresponde aproximadamente al 85% del promedio anual pluviométrico (Inder, 2016b; Municipalidad de Pérez Zeledón, 2021).

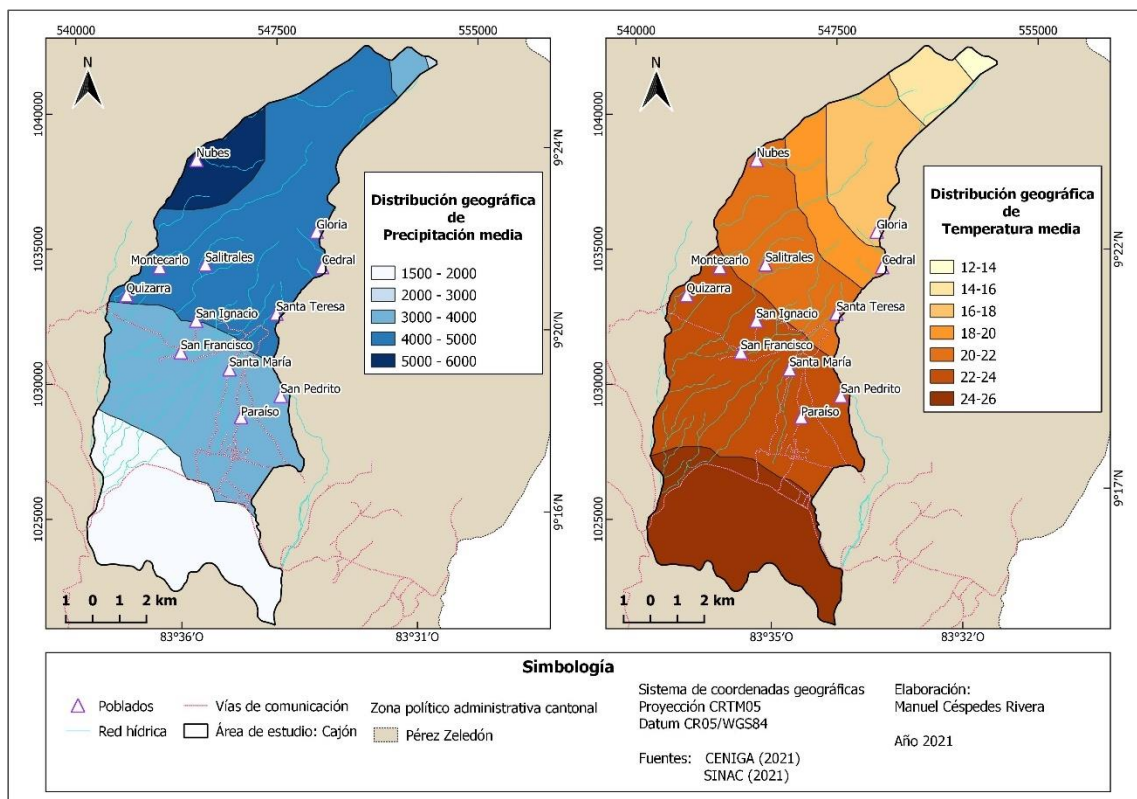


Figura 1. 6. Mapa de precipitación media y temperatura media para el distrito de Cajón.

Fuente. Elaboración propia.

Ahora, estas características de precipitación, temperatura, suelo, fisonomía, estructura y composición, han permitido la formación de una diversidad paisajística natural de gran variedad en la vegetación. Potenciado por dicha diversidad, la zona cuenta con el área silvestre protegida Parque Nacional Chirripó (en adelante PNC), con una extensión de 50150 hectáreas en la Cordillera de Talamanca, específicamente al noroeste de San Isidro de El General. Además, cuenta con otras áreas protegidas como el Corredor Biológico Alexander Skutch (6012 hectáreas; en adelante COBAS), que comprende las comunidades de Quizarrá, Santa Elena, Trinidad, Montecarlo, San Francisco, Santa Marta, Santa María y San Ignacio, pertenecientes al cantón de Pérez Zeledón y formando algunas de estas comunidades parte del distrito Cajón. Por último, se encuentra el Corredor Biológico Bosque de Agua con unas 15850 hectáreas aproximadamente (Inder, 2016b).

En lo correspondiente a la vegetación, por las características biofísicas antes mencionadas; el área cuenta con una importante variedad de zonas de vida. En el cantón se logran destacar un total de trece zonas de vida, de las cuales siete se encuentran en el área de estudio; obsérvese figura 1.7 Mapa de zonas de vida de Holdridge y cuadro 1.3.

Cuadro 1. 3. Zonas de vida de Holdridge distribuidas por área para el distrito de Cajón.

Nombre de las zonas de vida	Área	
	Hectáreas	Porcentaje
Bosque húmedo tropical transición a premontano	84	0,7%
Bosque húmedo tropical	158	1,3%
Bosque muy húmedo premontano transición a basal	170	1,4%
Bosque pluvial montano	375	3,2%
Bosque pluvial montano bajo	1958	16,5%
Bosque pluvial premontano	3586	30,1%
Bosque muy húmedo premontano	5563	46,8%
Total	11894	100%

Fuente. Elaboración propia.

Como se observa en el mapa, la zona presenta una vegetación que se compone en su mayor parte por bosque muy húmedo premontano, bosque pluvial premontano y bosque pluvial montano bajo, con un porcentaje de 46.8%, 30.1% y 16.5% respectivamente. En menor cuantía se puede ver otros cuatro tipos de bosque con valores menores (ver cuadro 1.3. y figura 1.7).

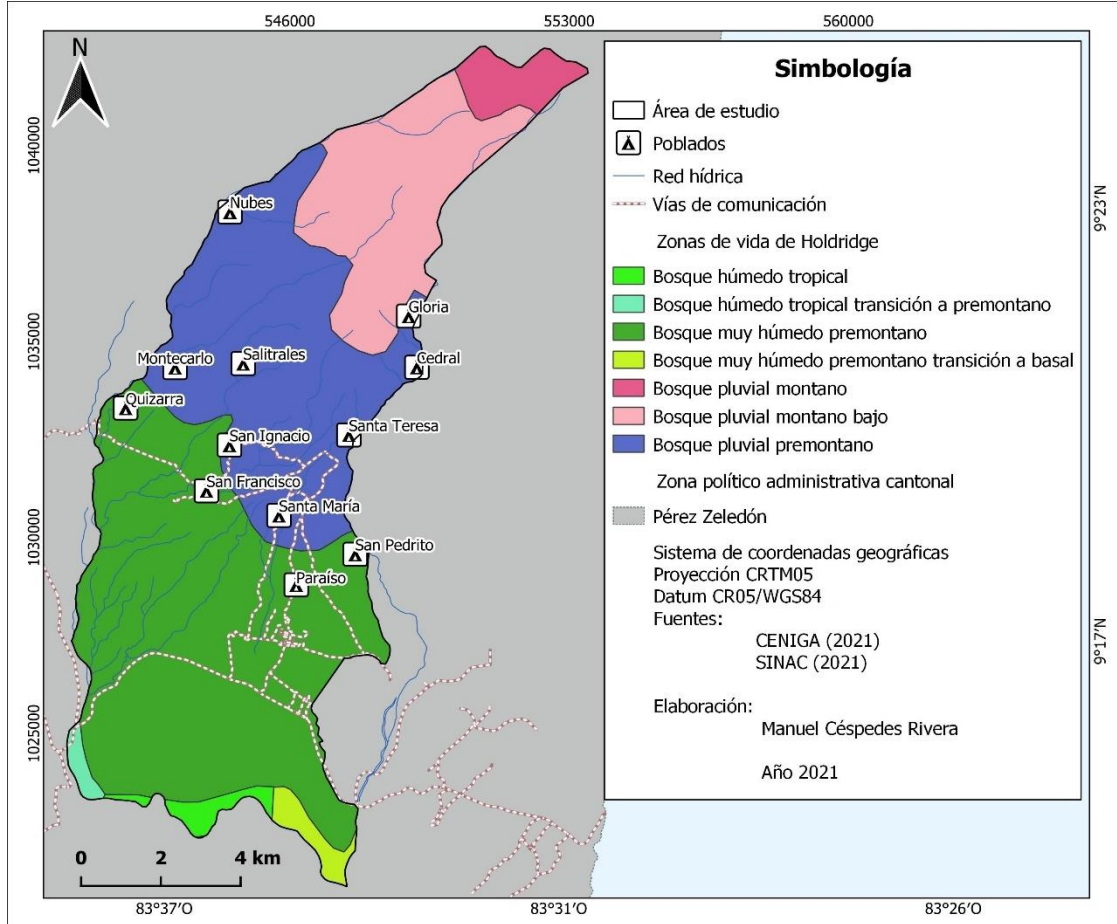


Figura 1. 7. Mapa de zonas de vida de Holdridge, distrito Cajón.

Fuente. Elaboración propia.

En cuanto al factor geopedológico presente en el área de estudio, se debe enfatizar que los principios básicos de la geopedología están ligados al equilibrio entre morfogénesis y pedogénesis en un mismo ambiente, es decir, factores como clima, vegetación, litología, topografía, el tiempo y la alteración antropogénica, son factores principales en los procesos de formación de suelo, que a su vez están intrínsecamente relacionados con los accidentes geográficos y los procesos geomórficos responsables de transformar frecuentemente la superficie terrestre (Camacho, Quesada Román, et al., 2020). En el contexto tropical de Cajón, el componente meteorológico es predominante en la formación de suelo, pues en este tipo de ambiente son frecuentes las lluvias intensas, las altas temperaturas y la intensa actividad biológica que interactúan en los procesos formadores de suelo como bien aporta Camacho et al. (2020), en consecuencia, el estado de formación suelo del área de estudio

ha estado condicionado por estos factores. Su clasificación taxonómica se describe de la siguiente manera según los órdenes de suelo que se muestra en la figura 1.8 y el porcentaje de área por orden taxonómico en el cuadro 1.4.

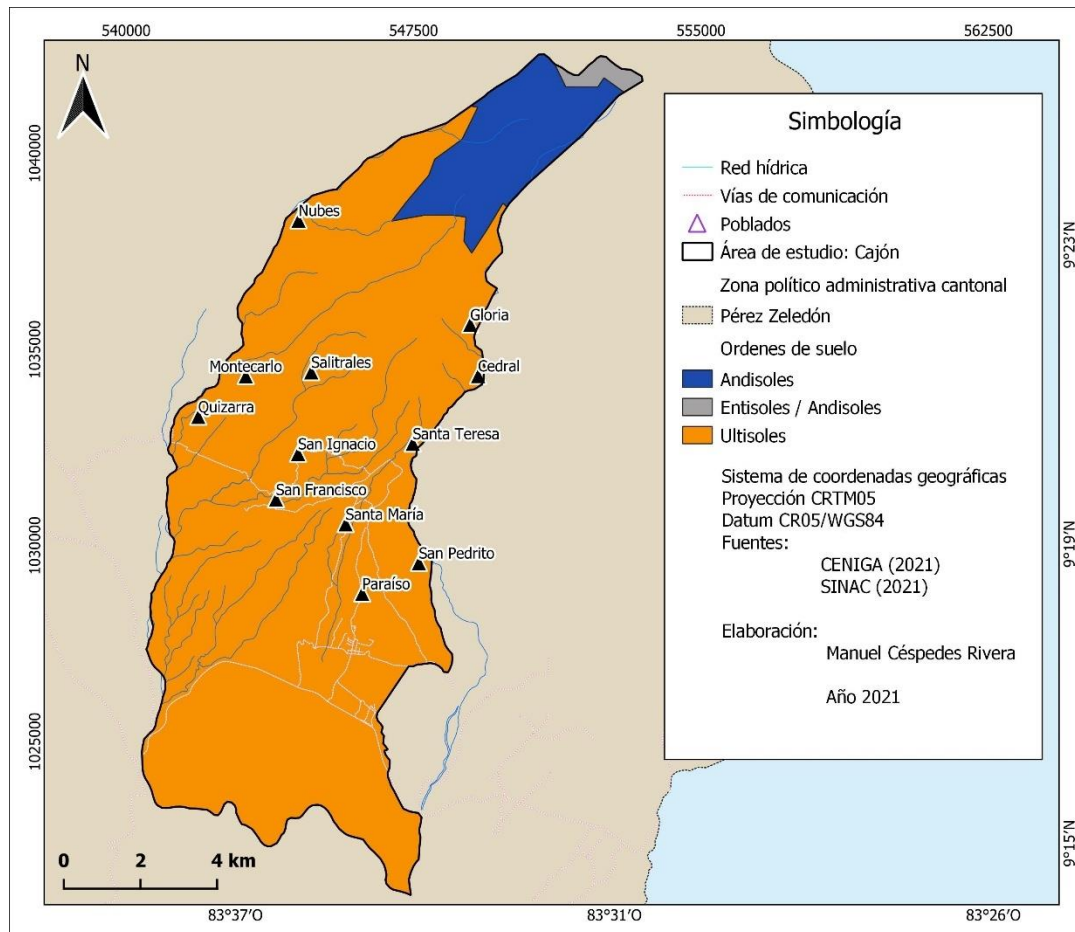


Figura 1. 8. Mapa de suelos, distrito Cajón.

Fuente. Elaboración propia.

Taxonómicamente el área del distrito cuenta con suelos de orden entisol-andisol con un 0.9% del área total (cuadro 1.4). Los suelos entisoles son derivados de fragmentos de roca suelta, su origen según el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria conocida por sus siglas como INTA (2015b), son bastante recientes, formados sobre abanicos aluviales, llanuras de inundación, o en las montañas tal como es el caso del área de estudio, ubicándose en la sección alta del cerro Chirripó, donde la erosión geológica está en equilibrio con el desarrollo de suelo. En el caso de los suelos andisoles (9.6%), son suelos de origen volcánico que se desarrollan a partir de cenizas y

otros materiales volcánicos como piedra pómez y lavas, los mismos tienen altos valores en contenido de materia orgánica, especialmente en zonas subhúmedas y húmedas por la acumulación de humus. Los mismos presentan gran capacidad productiva en el ámbito agrícola, sin embargo se recomienda realizar prácticas de manejo y conservación de suelos para evitar problemas de erosión y compactación, ya que se meteorizan rápidamente formando mezclas amorfas de aluminio y silicato, con texturas medias y de moderada a débil estructuración, ahora bien, en el área de estudio no representa un problema, ya que este tipo de suelo está dentro el área silvestre protegida PNC (INTA, 2015a).

Por último, con una mayor presencia (89.6% del total) se tiene un suelo de orden ultisol, característico de las zonas tropicales de altos volúmenes de precipitación y temperaturas cálidas con poca variación anual. En Costa Rica este orden de suelo está presente en casi todo el territorio y es uno de los órdenes más longevos. Como ya se mencionó, debido a las altas precipitaciones provoca que se laven sus bases; el sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). A su vez, el color característico pardo rojizo o rojizo se debe a la deshidratación o lixiviación de hierro (Fe), igualmente se pueden encontrar coloraciones pardo amarillentas y amarillentas, esto cuando el suelo se encuentra hidratado (INTA, 2016). Estos suelos durante mucho tiempo se han utilizado para expansión ganadera, provocado problemas de erosión como consecuencia de la alta carga por parte del ganado junto a las altas precipitaciones, además son utilizados para la actividad piñera, de raíces y tubérculos, cítricos, mango, palmito y caña de azúcar, lo cual sucede en el área de estudio (INTA, 2016).

Cuadro 1. 4. Distribución por área de los órdenes de suelo para el distrito de Cajón.

Orden de suelo	Área	
	Hectáreas	Porcentaje
Entisoles / Andisoles	102	0,9%
Andisoles	1136	9,6%
Ultisoles	10656	89,6%
Total	11894	100%

Fuente. Elaboración propia a partir de INTA (2015a, 2015b, 2016).

Justificación

Un enfoque central de la Geografía ha sido entender los cambios en el paisaje; el qué, cómo, dónde, cuándo y por qué de dichos cambios. En este sentido, este TFG contribuye al entendimiento de cómo los factores distantes pasados y actuales han colaborado en la modificación del paisaje del distrito de Cajón, y al hacerlo, brinda una noción más completa

de la evolución espacio-temporal de los sectores económicos del distrito y de su influencia en la configuración del paisaje, su degradación y del recurso suelo. Por tanto, es elemental contar con información sobre los rangos de acción a distintas escalas de estos factores distantes y la configuración del paisaje a través de la identificación de los sistemas, flujos, agentes, causas-efectos y sistemas de desbordamiento, y así poder contar con información espacializada. A su vez, permite vislumbrar la conformación espacial relacionada con los cambios en el paisaje productivo y la dinámica natural de los ecosistemas asociados a las distintas áreas protectoras presentes en la zona, y de esta manera aporta insumos a trabajos como el proyecto “Campesinos, ambiente y bienestar: La producción sostenible campesina y el bienestar en el Corredor Biológico Alexander Skutch” (Montoya & Espinoza, 2019), bajo el cual se enmarcó este trabajo final de graduación por sus siglas TFG.

Por su parte, el trabajo gira en torno al marco analítico de los teleacoplamientos, siendo un componente de estudio relativamente nuevo por lo que este TFG se presenta con una propuesta novedosa para la zona estudiada y en sí para el territorio nacional. Dicho marco ayuda a comprender de forma más acertada las dinámicas de cambio en el paisaje desde una perspectiva global e integradora, debido a que hace un análisis completo de los componentes que intervienen de manera notable en estos procesos de cambio. Igualmente, no solo se encuadra dentro de la zona de estudio, si no que integra aquellos factores que suceden a una escala más amplia pero que influyen directa e indirectamente en la estructura paisajística del área en cuestión (Liu et al., 2019).

El desarrollo de este estudio se realizó a través de información institucional pública y privada de gran importancia para el abordaje de la temática. Enfatizar que, aunque existen bases importantes para su desarrollo, el mismo contó con un enfoque innovador ya que va más allá de una cuantificación o descripción paisajística de los cambios. En sí la investigación es un trabajo incipiente que considera el concepto del teleacoplamiento y el marco de los teleacoplamientos para hacer un análisis de cambio paisajístico que se vinculan a través de los procesos globales político-económicos que repercutieron y repercuten en el espacio geográfico, lo cual es uno de los principales aportes de este TFG (McCord et al., 2018).

Además, la generación de estos insumos son de gran importancia para la toma de decisiones en planificación territorial que pueden ser de ayuda para instituciones gubernamentales como el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo -en adelante INVU-,

encargado del ordenamiento territorial del país mediante la Ley de Planificación Urbana N° 4240, y la Municipalidad de Pérez Zeledón que actualmente se encuentran conjuntamente en proceso de desarrollar un Plan Regulador Cantonal, por sus siglas PRC (MIVAH, 2021). Aquí es importante indicar que Pérez Zeledón no cuenta con un PRC y solamente posee el “Reglamento de Zonificación Plan Regulador Parcial de San Isidro El General” (SESIÓN ORDINARIA 015-2020 ACTA N° 015, 2020; SESIÓN ORDINARIA 001-2020 ACTA N° 001, 2020). Por tanto, este estudio podría ser de relevancia para el diseño del PRC y así ayudar a evitar, o en su defecto, controlar los impactos locales a raíz de la expansión de actividades productivas de manera descontrolada y poco planificada.

A su vez, esta información y en particular el abordaje conceptual y metodológico de este TFG, busca ser de utilidad para entes tales como, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), además de ser un insumo que permita colaborar en el alcance de los desafíos planteados por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que son parte de la agenda gubernamental costarricense. De igual forma se plantea su utilidad para empresas y entes no gubernamentales como, Corporación de Desarrollo de Piña-Del Monte (PINDECO), CoopeAgri, Cámara de Cañeros, entre otros actores significativos que están involucrados en el sector productivo del distrito.

Problema de investigación

Los cambios en los paisajes productivos están vinculados a la dinámica de los mercados globales que usualmente tienen repercusiones ambientales negativas en los entornos rurales, siendo frecuente en plantaciones de monocultivos que genera un dilema entre desarrollo económico y conservación de estos paisajes rurales (Bonatti et al., 2005; Anlló et al., 2010; Galicia y Rodríguez Bustos, 2017). Dichos procesos tienen mayor o menor grado de impacto en la degradación ecológica del paisaje, por su parte, según datos del Informe Estado de la Nación (2017, 2019), Costa Rica es deficiente en la planificación territorial rural, conllevando a un degradamiento ambiental que afecta los ecosistemas y los suelos debido a prácticas inadecuadas al momento de implementar sistemas de producción (Lambin y Geist, 2006). Conjuntamente, estas transformaciones suelen presentar distintos tipos de fragmentación tanto económicas como ecológicas, lo cual va en detrimento de las sociedades y de los ecosistemas, siendo un fenómeno presente en el distrito de Cajón (Bertani et al., 2003).

La actividad de los monocultivos dentro del distrito (piña, caña de azúcar) genera impactos negativos al medioambiente y por ende a los recursos naturales como el suelo, fuentes de agua, flora y fauna. La actividad como tal abarca grandes porciones de terreno y utiliza altos niveles de agroquímicos nocivos para el ambiente y para los seres vivos que residen dentro del área como fuera de ella- especialmente la actividad piñera-, ya que distintos medios de transporte distribuyen estas sustancias a otros espacios. Tal como sucede con el transporte hídrico hacia zonas costeras, igualmente las micropartículas pulverizadas son distribuidas por el aire a grandes distancias impactando negativamente los distintos ecosistemas, aumentando el riesgo de pérdida de biodiversidad, impacto en cultivos orgánicos y en la seguridad alimentaria a diferentes escalas. Además, el expansionismo de este tipo de cultivos desplaza otros productos agrícolas que ahonda la problemática (Maglianesi Sandoz, 2013). De igual manera el cultivo de caña abarca grandes áreas de terreno que causa un impacto similar con su expansión. A su vez, la actividad presenta la quema de la cosecha, lo que es una práctica común en países cañeros ocasionando la degradación ambiental, especialmente en lo relacionado al deterioro de la fertilidad del suelo (Cabrera & Zuaznábar, 2010).

Ahora, estos procesos de cambio y los sistemas dinámicos complejos del mercado mundial influyen directa e indirectamente en la configuración del uso de la tierra, en los modos de vida de las poblaciones locales del distrito, y en los ecosistemas existentes. Como apunta Bertsh (2005), ante la pérdida de terreno del sector primario-secundario y la evolución incipiente de la economía terciaria, Costa Rica está ante fenómenos cada vez más complejos e interconectados que afectan la organización del territorio (teleacoplamientos). A parte de ello la falta de optimización de las actividades productivas y los problemas socioeconómicos tienen como resultado desorganización y descoordinación institucional, ineficiencia, falta de claridad en lineamientos y dispersión de responsabilidades (Informe Estado de la Nación, 2019), a su vez, dentro del distrito las intervenciones de los capitales extranjeros de gran volumen y los inversores locales han generado constantes cambios en el uso de la tierra que han repercutido en el paisaje (Bertsh, 2005; Quesada y Díaz, 2019).

En tanto, la falta de estudios integrales que abarquen la temática desde las distintas escalas de acción, es decir desde el marco de los teleacoplamientos, concibe un panorama limitado de lo que sucede con las dinámicas de cambio dentro del paisaje estudiado, ya que no solo los monocultivos han configurado el entorno, si no que actividades productivas alrededor

del lugar, como la ganadería, el café y otra cantidad importante de productos y servicios han aportado en los cambios de las dinámicas productivas y en el paisaje de Cajón. A pesar de que la zona históricamente se ha centrado en la actividad económica del café y la caña de azúcar, con la crisis de los precios del café, el agotamiento de la frontera agrícola asociado a la degradación de los suelos, y las dificultades para que los pobladores rurales puedan sobrevivir como empresarios independientes, ha impulsado la diversificación paisajística asociado a sucesos distantes de los mercados mundiales (Arias y Sánchez, 2010). Por tanto, el presente trabajo tiene como finalidad contribuir a brindar mejores insumos para la planificación territorial rural en el área de estudio y ayudar a mejorar estos aspectos desde un panorama más interconectado espacialmente.

Objetivos

Objetivo general

Analizar los patrones espacio-temporales de cambio en los paisajes productivos de Cajón de Pérez Zeledón en el periodo 1990 al 2021 bajo el marco de los teleacoplamientos.

Objetivos específicos

Caracterizar el paisaje socioecológico del distrito Cajón de Pérez Zeledón, conceptualizándolo como un sistema complejo adaptativo.

Examinar los cambios en la estructura y composición paisajística en Cajón de Pérez Zeledón entre 1990 y 2021, mediante elaboración cartográfica con especial atención en las actividades productivas agrícolas.

Analizar los cambios paisajísticos en Cajón de Pérez Zeledón bajo el marco de los teleacoplamientos.

Antecedentes temáticos

El paisaje ha sido considerado por muchos como el verdadero objeto de estudio de la Geografía. Otros lo consideran una parte del objeto de estudio o bien uno más de los elementos a estudiar dentro de la disciplina (Tesser, 2000). En sí, constituye el espacio en el que se desarrollan los procesos de evolución espacio-temporales que moldean el paisaje, surgiendo la necesidad de conocer y estudiar estos cambios, sus repercusiones y manifestaciones espaciales (Sánchez y Solís, 2016).

Su abordaje está asociado a la investigación y por ende a la metodología, indagar los estudios previos sobre la temática es de vital importancia. Ahora, la zona en cuestión no cuenta con estudios específicos sobre cambios en los usos de la tierra, por lo que esta sección aborda investigaciones sobre la temática desde el ámbito nacional e internacional.

Estudios enfocados en los cambios paisajísticos en el territorio costarricense

Es importante precisar la existencia de información relacionada al ámbito nacional que hizo viable el desarrollo del tema, constancia de esto es el estudio realizado por Bonatti et al. (2005), que a pesar de ser un estudio específico de “*efectos ecológicos del cultivo de la piña*”, es un cultivo que ha impactado en la configuración paisajística en el área de estudio con repercusiones directas e indirectas en los procesos socioeconómicos, políticos, y ambientales. Este estudio involucra el distrito, arrojando información directa de lo que acontece en relación al cultivo y a su composición paisajística, igualmente algunos estudios nacionales sobre patrones de uso de la tierra, configuración paisajística y producción, fueron relevantes para comprender y desarrollar el análisis de los cambios en el área en cuestión, ya que se relaciona directamente a la actividad agrícola. Tal es el caso del trabajo realizado por Sierra et al. (2016), que analiza “patrones y factores de cambio de la cobertura forestal” del país desde 1987 hasta 2013, evidenciando tendencias y factores de cambio con factores directos e indirectos donde agentes y sistemas de usos del suelo están asociados a los cambios de cobertura observados en paisajes productivos, determinando registros de patrones regionales y temporales de deforestación que suceden en la zona y contrastan aspectos de recuperación de áreas boscosas y pérdidas de las mismas debido a los diversos cultivos presentes en el territorio, entre estos el cultivo de piña que es señalado por Bonatti et al. (2005) y que al igual que Sierra et al. (2016) se encuentran atavismos en los patrones de cambio en el distrito, pues es parte del área que abarca estos estudios.

Desde un enfoque más práctico el trabajo elaborado por Vignola et al. (2014), tuvo como finalidad el diseño y aplicación de una metodología para el análisis de diferentes elementos del crecimiento verde e incluso a nivel nacional, desde el sector agropecuario-forestal y su contribución de agrocadenas importantes para un crecimiento verde e incluso considerando las condiciones de vulnerabilidad ante el cambio climático. A su vez, dicha investigación es importante para el presente estudio, ya que contextualiza la condición del sistema productivo agrícola y cuáles son las formas alternativas que armonizan entre

paisajes productivos y los aspectos ambientales, socioeconómicos e institucionales respecto a los cultivos estudiados. No obstante, en este texto no se encuentran iniciativas plausibles para reducir los impactos ambientales causados por los cultivos y monocultivos, por su parte, al ser un estudio a escala nacional no aterriza en sitios específicos por lo que los datos no se logran espacializar concretamente, aun así, es relevante para brindar una idea global de las condiciones ambientales, sociales y económicas de los productos agrícolas abordados.

Por otra parte, un estudio más puntualizado espacialmente es la tesis presentada por Alemán (2014), la cual se centra en el “análisis de la pérdida y fragmentación de ecosistemas boscosos en el sector noreste de la Reserva Forestal Golfo Dulce” entre el periodo de 1979 a 2013. Se realizó mediante la descripción de variables biofísicas y socioeconómicas, comparación y análisis de la variación en la cobertura boscosa y el uso de la tierra. Por último, define sitios potenciales a restaurar de ecosistemas alterados, evidenciando alteraciones de los bosques naturales en el paisaje relacionado con eventos sociales, económicos y ambientales que influyeron en la alteración espacial del área estudiada.

Encaminados en la misma temática Salazar et al. (2007), abordó el estudio de restauración paisajística en el sector de Hojancha, el cual se centra en evaluar las condiciones, procesos y resultados de la restauración del paisaje a través de la metodología de construcción de un marco jerárquico de principios, criterios e indicadores y la sistematización de la experiencia desde el punto de vista institucional. A su vez evidencia cómo las políticas, la intervención externa y mecanismos de compensación crean condiciones favorables en el proceso de restauración, además es un proceso adaptativo que incluye acciones de reemplazo, rehabilitación y restauración, donde los cambios en el uso del suelo respondieron a la tendencia de políticas y de mercado a nivel nacional como internacional, indicando que la sostenibilidad de la restauración podría estar siempre sujeta a cambios debido a estos factores. Dicho trabajo es de gran importancia debido a que se logra identificar procesos implícitos del marco de los teleacoplamientos dentro del paisaje productivo abordado, evidenciando procesos económicos, políticos y sociales externos e internos dentro del sitio.

En sí, tanto el trabajo de Alemán (2014) como el de Salazar et al. (2007), muestran mayor peso en cuanto al análisis de factores o variables internas como externas en las respectivas áreas de estudio, exponiendo cómo han evolucionado estos espacios de acuerdo a estos factores y a sus características espaciales intrínsecas, lo cual no sucede en los trabajos antes mencionados de esta sección, pues se posicionan desde un enfoque diferente.

Trabajos nacionales asociados a la estructura, configuración y factores de cambio espaciales

Bermúdez (2001) aborda en su trabajo final de graduación (TFG) el tema “Probabilidad de cambio y factores del uso de la tierra en la franja comprendida entre los Parques Nacionales Volcán Irazú y Volcán Turrialba”. Se basó en determinar la estructura espacial del paisaje en estas zonas protegidas y analizar los cambios del uso/cobertura de la tierra en un periodo de 20 años. Dicho estudio se desarrolló mediante fotointerpretación con sistemas de información geográfica (SIG) e información secundaria institucional privada y pública, índices de diversidad y análisis de procesos de Márkov, estimando la estructura y los cambios de uso/cobertura de la tierra. Entre sus hallazgos se evidencia una tendencia del paisaje a agregarse sin presentar dominancia por ningún tipo de uso o cobertura, además presenta una leve disminución de la diversidad paisajística. Por otra parte, la franja estudiada presenta una ligera pero sostenida recuperación de bosque y páramo con transiciones de pastos y cultivos, lo cual ha sido tendencia a nivel general dentro del país y que se ha constatado en los estudios abordados hasta ahora, coincidiendo, que se debe a políticas gubernamentales sobre protección del medioambiente y factores socioeconómicos en los entornos rurales.

Desde otra perspectiva Sánchez y Solís (2016), analizan cómo la estructura del paisaje se relaciona con la ocupación del territorio en el distrito de Cahuita entre los años de 1976 a 2013 mediante un proceso de fotointerpretación y trabajo de campo, analizando la estructura del paisaje. En sí, evalúa los procesos de conectividad y fragmentación actuales y futuras modelando las transformaciones estructurales y dinámica del paisaje en el área de estudio. Entre sus resultados demostró como en el periodo de estudio Cahuita ha pasado por periodos de constantes procesos de deforestación, sin embargo, también presenta ciertos repuntes de reforestación lo que está asociado a las actividades productivas y el crecimiento poblacional carente de planificación y ordenamiento territorial. Este trabajo al enfocarse en la estructura del paisaje y la relación que posee con la ocupación del territorio,

profundiza más en aspectos geográficos que son clave en la configuración del paisaje, tales como las características biofísicas y socioeconómicas, sin embargo, el estudio no aborda su comprensión desde una interrelación entre dichas variables, sino que son analizadas particularmente.

Desde un ámbito diferente a los estudios planteados con anterioridad, se debe mencionar la herramienta de Monitoreo de Cambio de Uso de la Tierra en Paisajes Productivos (MOCUPP), cuya finalidad como bien indica Sasa et al (2017), es manejar sosteniblemente los territorios en los que se cultivan materias primas agrícolas de exportación en todo el país. Esto a través del fortalecimiento de la capacidad del sector público para ordenar el territorio, identificándolo anualmente de manera digital la cobertura total de materias primas que pueden ser teledetectadas usando sensores remotos mediante un bajo costo. Esto a su vez, representa un esfuerzo por parte de Costa Rica por mejorar el monitoreo de los paisajes productivos, esta herramienta permite diferenciar unidades productivas, provee mapas de cobertura nacional de materias primas agrícolas y mapas de pérdida y ganancia de cobertura forestal sobre los mapas de cobertura de estas materias primas (Sasa et al., 2017). Por lo que dicha herramienta fue de gran relevancia en la clasificación supervisada que se desarrolló en la investigación pues brindo insumos importantes para la validación y comparación de los resultados obtenidos con las bases de datos del MOCUPP.

Por último, la protección del recurso del suelo es vital para la conservación del paisaje, en el caso costarricense, se vincula a la “ley 7779 Uso, Manejo y Conservación de Suelos” la cual fue dada el 30 de abril de 1998, y cuya finalidad fundamental es proteger, conservar y mejorar los suelos en gestión integrada y sostenible con los demás recursos naturales, mediante el fomento y la planificación ambiental adecuada (Ley N° 7779 Uso, Manejo y Conservación de Suelos. Procuraduría General de La República-PGR; 30 de abril de 1998, 1998). Sin embargo, el país no ha logrado desarrollar estrategias adecuadas en la conservación, el manejo y el uso adecuado del recurso del suelo y el uso de la tierra, ya que a pesar del gran número de entidades involucradas con dicha temática hay una duplicidad de labores entre las mismas. Lo que a su vez genera desperdicio de recursos por duplicación, falta de claridad en lineamientos y dispersión de responsabilidades creando desorganización y descoordinación abundante entre instituciones, impactando negativamente en el recurso estudiado (Bertsh, 2005).

Estudios internacionales sobre el cambio paisajístico

En cuanto a trabajos fuera del país, se encontraron algunos estudios relacionados al tema de investigación con los cuales se tuvo un mayor panorama sobre la temática y que fueron referentes bibliográficos de apoyo en el trabajo, al igual que los trabajos presentados en el ámbito nacional.

Marín Valencia (2010), analizó la “dinámica espacio-temporal del uso y cobertura del suelo en el paisaje cafetalero colombiano”, específicamente en la cuenca del río San Juan del departamento de Antioquia, mediante una comparación bitemporal de la composición y la estructura del paisaje determinando los cambios y transiciones entre las coberturas. Como resultado se encontró una homogeneización de las coberturas por la disminución del número de parches y el aumento de la dominancia de Áreas boscosas. En las secciones alta y media de la cuenca, presentó cultivos tradicionales como el café y pastos en la parte baja, en cuanto a las áreas boscosas tienden a la fragmentación por pérdida de área total, parches y aislamiento por conversión a cultivos tradicionales. De igual forma en Colombia, en los municipios de San Luis y San Francisco en Antioquia, Jiménez Guerra (2017), estudia la “dinámica de la estructura del paisaje y su relación con cambios en el uso de la tierra” desde la fragmentación espacial de hábitats, específicamente los cambios en las coberturas vegetales sobre los bosques y los patrones de fragmentación del área en cuestión. El estudio usó métricas de composición y configuración del paisaje, además se utilizaron algunos factores biofísicos que denotan la calidad de los hábitat y aspectos socio-económicos como datos demográficos y de accesibilidad relacionados con el patrón de fragmentación de los bosques. Los hallazgos de manera general indican un balance positivo para los bosques naturales, sin embargo, entre los más afectados se encontraron los bosques secundarios en sucesión tardía con alto grado de fragmentación y aumento en el número de parches. No obstante, los bosques secundarios en sucesión temprana avanzaron en la sucesión y pasaron de categoría a pesar de que otra parte se convirtió a pastos y cultivos.

De los estudios antes mencionados, en mayor cuantía se destinan a un análisis de paisajes agroproductivos por lo que son de vital importancia en el entendimiento de los paisajes productivos, ya que a pesar de no abarcan todas las áreas productivas, son en gran porcentaje parte de los paisajes productivos de áreas rurales. Tal es el caso del escrito abordado por Vázquez et al. (2012), el cual expone las transformaciones agroproductivas

e indicadores de sustentabilidad en la cuenca del río Quequén Grande en la provincia de Buenos Aires Argentina en los períodos de 1988 a 1998 y 1998 a 2008, con el fin de analizar las transformaciones ocurridas y sus principales consecuencias en el paisaje. El trabajo se desarrolló a través de una clasificación supervisada de imágenes de satélite en los años estipulados y una correlación estadística de riesgo de intervención del hábitat y de contaminación por plaguicidas, mostrando una intensidad distinta de agriculturización en los ambientes presentes con altos valores de riesgo ambiental.

Por último, la obra realizada por Bautista y Fabron (2017) en La Quebrada de Humahuaca provincia de Jujuy Argentina, se basa en los Paisajes productivos actuales y pasados del área de estudio abordando la conformación de los paisajes agrícolas. Metodológicamente se desarrolló un análisis espacial a través de la caracterización general de la estructura y organización espacial del área, además se compara la estructura espacial del asentamiento actual y las evidencias arqueológicas disponibles de los paisajes productivos pretéritos. Los resultados mostraron evidencias arqueológicas disponibles de los paisajes productivos pasados; el sitio arqueológico Antumpa refleja la expansión de la capacidad productiva de la zona en ciertos momentos del pasado, también condiciones ambientales diferentes a las actuales que harían posible el cultivo en esos lugares. A pesar de que no posea gran afinidad con el presente trabajo, su relevancia está en el abordaje hecho sobre el espacio y el aspecto histórico que es un factor importante en estudios espacio-temporales.

Por consiguiente, estos estudios mencionados en los paisajes colombianos y argentinos, evidencian procesos de deforestación y fragmentación característicos de los entornos tropicales y que, comparándolo con los trabajos en el contexto nacional, muestran una tendencia similar en los procesos de cambio que acontecen en las dinámicas del sector agropecuario costarricense. Ahora, metodológicamente se basan en la identificación de cambios paisajísticos, análisis y comprensión de los mismos, relacionándolos con las características biofísicas y socioeconómicas de las aéreas de estudio; siendo tendencia en estos trabajos el interpelar por separado los factores biofísicos y socioeconómicos, igualmente se centran en investigar el área de estudio sin plantearse otras escalas espaciales que puedan ayudar a comprender el panorama de los problemas investigados.

Estudios realizados desde el marco de los teleacoplamientos

El marco de los teleacoplamientos puede ser utilizado en distintas áreas o ramas de estudio como forma de explicar varios fenómenos que suceden en nuestro planeta. Este se aplica desde escalas locales como escalas globales e igualmente se puede combinar las escalas en un mismo estudio como forma de explicar el fenómeno en cuestión, por tanto, en este apartado veremos algunos estudios que muestran la aplicabilidad de los teleacoplamientos en diversos ámbitos (Liu et al., 2019).

El estudio desarrollado por Raya Rey et al. (2017), “Incluso en los confines más recónditos de la Tierra: cómo las aves marinas se teleacoplan al Canal Beagle con procesos regionales y globales que afectan la conservación ambiental y socio-ecológica”, evidencia la adaptabilidad de los teleacoplamientos a diversos estudios. Este trabajo se encarga de adaptar y emplear el enfoque de sistemas acoplados humanos-naturales (CHANS) y el marco de los teleacoplamientos, integrando información socioeconómica y biofísica dispar para obtener una comprensión más holística de las dinámicas y tendencias actuales entre humanos y aves marinas, mediante la interacción moderna entre estas aves y el turismo, enfocado en el sector argentino del canal de Beagle, donde el que el turismo se desarrolla más intensamente. Finalmente, el estudio busca ayudar en esfuerzos multilaterales para incorporar los sistemas de desbordamiento y los sistemas de envío en las políticas regionales existentes e iniciativas globales.

En el artículo realizado por Herzberger et al. (2019), abordan el impacto de la demanda de alimentos a distancia (teleacoples) en la producción y el comercio agrícola local, lo cual ha atraído un escrutinio científico considerable del que se sabe poco de cuán distante es el comercio. En este trabajo examina el comercio internacional de alimentos y la producción agrícola que representa cómo los lugares distantes están conectados a través de redes comerciales. Los resultados revelan que el comercio teleacoplado entre países distantes, interactúa con el panorama geopolítico para mejorar o establecer la producción intra acoplada (dentro del país) y el comercio peri-acoplado (entre países vecinos). Ahora bien, la literatura y los resultados de los modelos de promedio móvil integrados autoregresivos, evidencia que cuando se imponen restricciones en rutas de exportación distantes aumenta el comercio peri-acoplado (Herzberger et al., 2019). A su vez los medios de producción están directamente vinculados a los cambios en el uso de la tierra, por lo cual la producción y el comercio agrícola tienen una marcada incidencia en los cambios que sufre el paisaje

rural, por ende, de su importancia desde el marco de los teleacoplamientos para el estudio del paisaje rural en el distrito de Cajón.

Por último, en el trabajo “Cambios en el uso de la tierra mediante teleacoplamiento en países distantes”, de Sun et al. (2012) exponen los cambios en el uso de la tierra agrícola y los problemas ambientales relacionados en tres países distantes; Brasil, China y Estados Unidos, asociado a los intercambios comerciales y que son muestra de sistemas teleacoplados a través del proceso de comercio de soja. El estudio presentó como resultado, la distribución espacial de los cambios de los usos de la tierra en los cultivos de soja, destacando los puntos críticos de ganancia y pérdida de este cultivo, e indicaron que estos cambios estaban agrupados espacialmente a diferentes escalas multiespaciales con varianza entre los países comerciales. Dicho trabajo contribuye a generar información espacial que permite comprender los cambios en el uso de la tierra agrícola causados por el comercio internacional de alimentos a nivel mundial, además resalta las necesidades de coordinación entre países comerciales y promueve la sostenibilidad global, por tanto, su importancia en el presente estudio.

De estos tres trabajos presentados bajo el marco de los teleacoplamientos, su importancia reside en la identificación de los contrastes del marco, de cómo fueron abordados los estudios; dos con temas similares y otro que presenta un tópico diferente, evidenciando así la interdisciplinariedad del teleacoplamiento y la adaptabilidad metodológica que puede ser ajustada a diversas temáticas. Para el caso del presente estudio permitió analizar un pequeño territorio y como se relaciona este con numerosos factores distantes que se dan a diversas escalas locales, regionales y globales.

Marco teórico-conceptual

En el presente apartado se abordan una serie de definiciones teórico-conceptuales que son importantes en la comprensión de las dinámicas espacio-temporales de cambios acontecidos en cualquier paisaje productivo desde la óptica de los teleacoplamientos.

En tanto, el **paisaje** es un valor natural amenazado que es necesario preservar de forma pronta en contraposición del desarrollo social descontrolado que representa una amenaza directa (Jardí, 1990). Históricamente el paisaje ha sido estudiado desde distintas disciplinas teniendo la pintura como referente desde los siglos XII y XIII. Para el caso geográfico el paisaje ha sido incorporado como concepto científico iniciando según Rodríguez Martínez

(1979), con el cambio de siglo (XIX-XX) principalmente en Francia donde se da una ruptura de la incipiente tradición geográfica del estudio del paisaje entendido como la relación ser humano-medio.

En Alemania, Humboldt con su concepto del "*landschaft*" el cual se muestra como realidad globalizadora que agrupa elementos físicos, biológicos y antrópicos en el desarrollo de estudios geográficos, están bajo la premisa del estudio del ser humano y su relación con el medio, es decir, el estudio del paisaje. En el caso francés con su máximo exponente de la geografía como lo es Vidal De La Blache, parece ser que su concepto de paisaje no tuvo una verdadera continuidad. En sí, los estudios de la escuela francesa que abordaron el paisaje fueron descritos por algunos autores como renovadores de una tradición inaugurada por Vidal, la cual fue interrumpida después de su muerte. Para Vidal el paisaje es la fisonomía del espacio, algo que se ve y se describe enmarcando la importancia de visualizar y analizar el espacio estudiado. Posteriormente se vinculó el término con la combinación de hechos físicos, biológicos y humanos que sí habían tomado en cuenta la Geografía Alemana (Rodríguez Martínez, 1979). Según Tesser (2000), también se puede definir como el resultado de las interrelaciones físico-ambientales y humanas que se dan en el espacio con características funcionales tanto de sus partes como en conjunto, lo cual se asocia a la escala y la localización que determinan la delimitación del paisaje estudiado. En tanto, de acuerdo a las conceptualizaciones anteriores para el presente estudio, podemos definir el paisaje como aquel espacio geográfico que se encuentra vinculado a factores biofísicos y socioeconómicos, en el cual los mismos interactúan de manera bidireccional, modelando y estructurando su entorno mediante las dinámicas espacio-temporales que se desarrollan de manera compleja, tanto desde el medio inmediato como de sitios distantes.

Ahora, el paisaje, como ente dinámico que suele sufrir alteraciones naturales como antrópicas, presenta diversas variaciones de distintas magnitudes teniendo claro que la mayor responsabilidad de estas alteraciones recae en las sociedades humanas. Uno de los principales problemas ecológicos asociados al cambio en los paisajes, es la **fragmentación de ecosistemas**, siendo de las principales amenazas que afectan la diversidad biológica. Según (Múgica et al., 2002; Alemán, 2014), la fragmentación de hábitats se ha estudiado desde los años sesenta bajo dos fundamentos teóricos: la teoría biogeográfica de islas que estudia la influencia del aislamiento, como el tamaño de los fragmentos en la riqueza y composición de especies considerando la colonización y extinción como procesos

fundamentales. Y la teoría de metapoblaciones que describe poblaciones compuestas por subpoblaciones y enfatiza el concepto de conectividad y el intercambio entre poblaciones espacialmente separadas.

Conceptualmente, la fragmentación se puede definir como el fenómeno dinámico que genera cambios notables en la estructuración del paisaje que describe el proceso de transformación que sucede cuando segmentos de la vegetación son eliminados creando un conjunto de fragmentos más pequeños aislados unos de otros (Alemán, 2014).

La fragmentación está asociada a efectos negativos derivados de acciones tales como la expansión urbanística, procesos de industrialización, agricultura, etc., que conllevan a una modificación intensa del territorio y que se traduce en una pérdida importante de hábitats naturales, en la disminución e incluso en la extinción de especies. Es decir, los factores de producción y su dinámica están estrechamente vinculados con este fenómeno, por lo que es importante abarcar aspectos tales como patrones de producción, su relación con los teleacoplamientos y los cambios del uso de la tierra. A continuación, se detallan más estos conceptos.

El **sistema de producción** puede ser conceptualizado según Caba Villalobos et al. (2011), como el proceso mediante el cual se transforma un conjunto de factores de producción en un producto cuyo valor debe ser mayor que la suma de los valores de factores utilizados. Estos factores productivos son la tierra, el trabajo, el capital y la tecnología, también se entiende como secuencia de operaciones que transforman los materiales haciendo que pasen de una forma dada a otra que se desea obtener o adicionando valor a un bien o servicio por efectos de una transformación.

Relacionado a lo anterior, los **patrones espacio-temporales de producción** son aquellas tendencias y esquemas que adoptan los medios de producción en un determinado territorio y que se visualizan en el espacio y en el tiempo, los mismos se ajustan a condiciones socioeconómicas y de mercado tanto a nivel nacional como internacional. A su vez, los patrones de producción se asocian a transformaciones micro espaciales en poblaciones y regiones locales como bien apunta Iglesias Piña y Ramírez Hernández (2008), sin embargo, esta organización productiva local modifica los patrones tradicionales de producción, dándose una nueva organización espacial de la industria y de las actividades económicas productivas a un ámbito globalmente interdependiente.

Esto, a su vez, se vincula a los procesos de **teleacoplamientos**, el cual surge a partir de la integración de conceptos, tales como las teleconexiones que se asocian con las interacciones entre sistemas climáticos distantes y la globalización en la que figuran interacciones entre sistemas humanos distantes según lo señala Liu et al. (2019). Sin embargo, la conceptualización del teleacoplamiento se enfoca en la investigación del sistema terrestre, evitando confusión con el significado original de los conceptos antes mencionados, enfatiza la retroalimentación entre sistemas distantes comunes entre sistemas terrestres. A su vez es una extensión natural de los conceptos en la ciencia de los sistemas terrestres que incorpora sistemas acoplados: • los sistemas humanos y naturales acoplados - caracteriza sus interacciones bidireccionalmente en conjunto y no como sistemas aislados individuales - (Raya Rey et al., 2017), • los sistemas socioecológicos acoplados y • los sistemas ambientales-humanos acoplados. Finalmente, el teleacoplamiento se refiere a las interacciones socioeconómicas y ambientales a distancia que conecta estas interacciones como también sus impactos. Es importante mencionar que la conceptualización del teleacoplamiento es relativamente nuevo, del cual surge el **marco de los teleacoplamientos** en adelante **MT**, que proporciona un método sistemático e integrador para evaluar estos teleacoplamientos, tanto el concepto como el marco proporcionan una comprensión más integrada de las interacciones socioeconómicas y ambientales entre los sistemas humanos y naturales acoplados a distancia (Liu et al., 2019). Así mismo el MT, se compone por cinco principales componentes interrelacionados los cuales están compuestos por sistemas acoplados, agentes, flujos, causas y efectos, que permiten para en el presente estudio hacer un análisis sistemático de las interacciones entre los productos agrícolas circunscritos en el medioambiente del distrito Cajón y los factores socioeconómicos que actúan a diversas escalas espaciales, con la finalidad de comprender a través de los teleacoplamientos como estos factores distantes han colaborado en el cambio actual del paisaje en el distrito de Cajón, ahora, para más información de estos componentes, los mismos se explican en mayor profundidad en la sección metodológica.

De acuerdo a McCord et al. (2018), los teleacoplamientos puede emplearse para calcular las interacciones complejas entre los fenómenos socioeconómicos y ambientales, permitiendo a investigadores sociales y naturales comprender y generar información con miras a buscar la coexistencia sustentable entre humanos y naturaleza. Su estudio se puede desarrollar a través de herramientas de software basadas en escritorio que permiten

poner en práctica el marco de los teleacoples y explorar sistemáticamente interacciones complejas. Por otra parte, Grau y Gasparri (2018), exponen el término como vínculos funcionales en los cuales una región o localidad geográfica es tanto receptora de influencias externas como emisora de impulsos y señales que afectan a otras.

Igualmente, todos estos términos anteriormente mencionados se relacionan al proceso espacio temporal de los **cambios en el uso y cobertura de la tierra**, que entre sus propósitos está la comprensión de las causas tanto naturales como humanas del uso de la tierra que se refiere al *uso funcional de un sitio (elementos bio- físicos y culturales), que requiere del análisis de contexto o inferencia del entorno desde una perspectiva humana y la interpretación de las actividades realizadas sobre la cobertura de la tierra en un sitio determinado* y del cambio de cobertura, *que en sí la cobertura se define como la cubierta de elementos bióticos y abióticos presente en un sitio* (CENIGA, 2020), con patrones y dinámicas de la cubierta terrestre que afectan su estructura y función. En tanto, en estos procesos de cambio hay factores importantes tales como los **impulsores directos** que son procesos sociales fundamentales como la dinámica de la población humana o la agricultura y **causas próximas** como aquellas actividades humanas o acciones inmediatas a nivel local, como la expansión agrícola que se originan en el uso previsto de la tierra y tienen un impacto directo en la cobertura del paisaje (Geist & Lambin, 2002a), y que pueden clarificar las variaciones que suceden en el paisaje de manera más precisa.

Es importante su valoración, ya que en la presente investigación se estudia los cambios paisajísticos acontecidos en el área de estudio (Hersperger et al., 2010). A su vez, esta se realiza mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), enfocándose en la Teledetección, técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material, aun así, es necesario que, aunque no haya contacto directo se dé interacción entre los objetos situados sobre la superficie terrestre, marina o en la atmósfera y un sensor situado en una plataforma (Chuvienco, 2008). Igualmente se pretende combinar el uso de fotointerpretación a través de imágenes provenientes de sensores remotos. Conceptualmente la fotointerpretación se puede denotar como el análisis o estudio de fotografías aéreas e imágenes satelitales con el propósito de identificar aquellos objetos fotografiados, definir su categoría, su naturaleza, sus límites y sus relaciones, enfatizado en un análisis más cualitativo o analítico de dichas imágenes, permitiendo de esta manera

identificar los diferentes componentes del paisaje y suministrar información de interés (Fernández García, 2000; Gonzáles y Marey, n.d.).

Marco metodológico

La presente investigación se desarrolló a través del uso de sensores remotos, búsqueda y recopilación de datos socioeconómicos y biofísicos, e implementación del marco analítico-conceptual de los teleacoplamientos para asociar los patrones de cambio ocurridos en el paisaje del área de estudio con influencias distantes.

Componentes biofísicos y socioeconómicos: el paisaje socio-ecológico conceptualizado a través del sistema complejo adaptativo

El primer objetivo caracteriza el área de estudio a través de la interacción existente entre componentes biofísicos y socioeconómicos mediante tres etapas principales; descripción de los aspectos biofísicos tomando en cuenta geomorfología, geopedología, topografía, clima, pendiente, altitud, temperatura, precipitación, y el componente natural (vegetación, fauna). Su desarrollo estuvo sujeto principalmente a la consulta bibliográfica de diversas fuentes tales como las hojas topográficas San Isidro y Repunta, de igual forma las hojas geológicas e incluida la descripción geológica disponible, mapa de suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), datos climáticos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), caracterización de flora y fauna utilizando información del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y de su dirección, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Seguidamente se hace la caracterización de los aspectos socioeconómicos, productivos y comerciales de la zona a través de información censal suministrada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), datos de la Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER), la Municipalidad de Pérez Zeledón, el Instituto de Desarrollo Rural (INDER), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Sede regional del Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS), el Corredor Biológico Alexander Skutch -en adelante cada una de las instituciones mencionadas serán descritas por sus siglas correspondientes-. Además, se utilizaron entrevistas y encuestas a entes que manejan información socioeconómica consiguiendo de esta forma datos relevantes para el estudio.

Finalmente, se lleva a cabo un análisis de la interacción y relación entre los componentes biofísicos y socioeconómicos mediante el marco del Sistema Socioecológico conocido en

inglés como *Socio Ecological Systems Framework (SESF o SES)* (figura 1.0), el cual permite comprender los procesos de cambio de mayor relevancia en el paisaje. Los resultados obtenidos a través de la aplicación de este marco, ayudaron a identificar los procesos de teleacoplamiento que actúan en el área de estudio y que han tenido injerencia en la configuración paisajística y en el uso de la tierra.

A continuación, se muestra el flujo general de trabajo del objetivo inicial (figura 1.9)

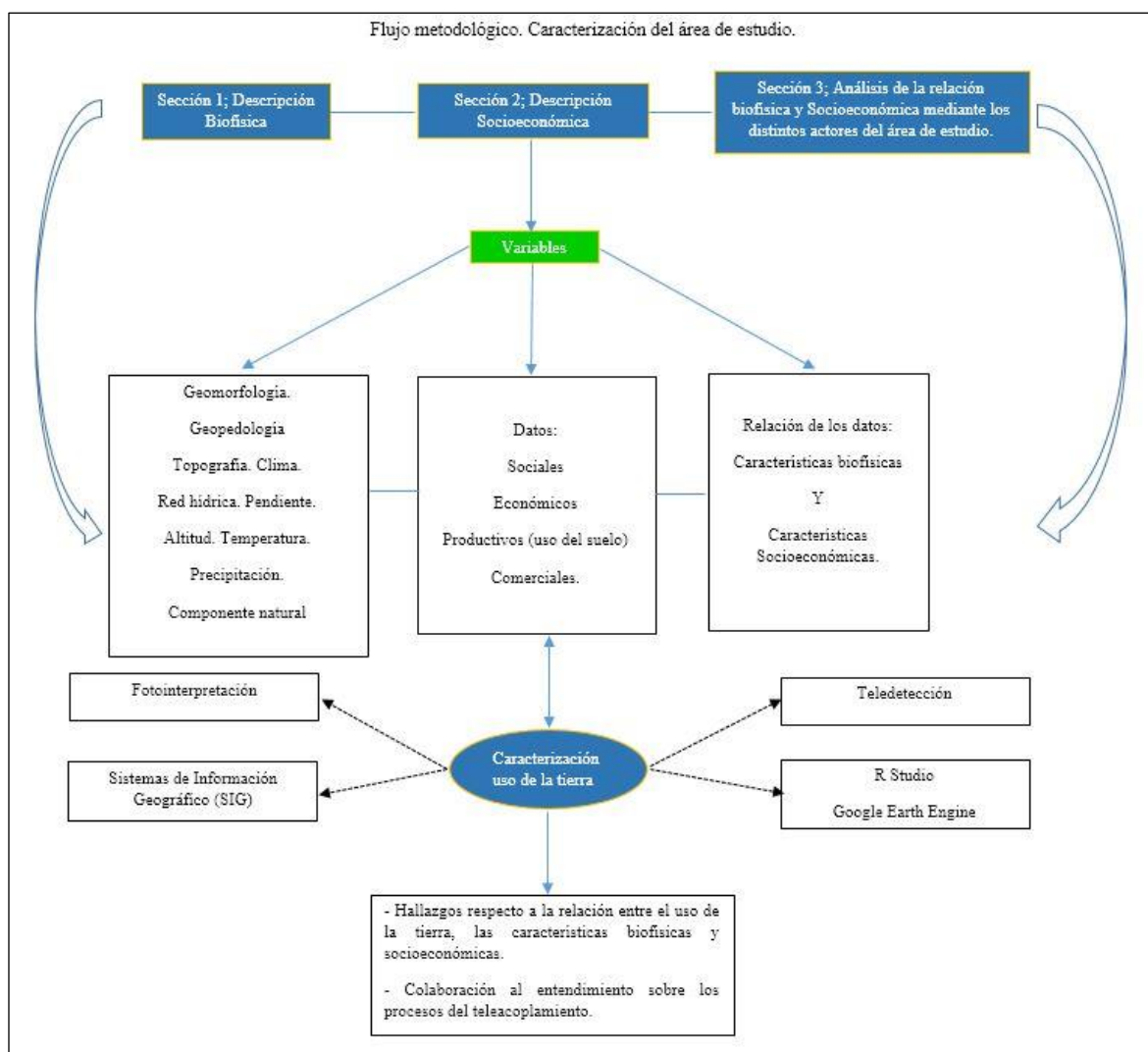


Figura 1. 9. Descripción general del flujo metodológico de caracterización de la estructura y dinámica paisajística de Cajón, Pérez Zeledón.

Fuente. Elaboración propia.

La idea de haber implementado el SES, fue abordar las variables biofísicas y socioeconómicas simultáneamente de manera que permitiera relacionarlas, enfocándose en los sistemas productivos del paisaje; es decir a través del marco se realizó una categorización de las variables de mayor relevancia en el paisaje y su relación.

El marco del SES identifica gran cantidad de variables de segundo y tercer nivel, destacando una jerarquía anidada de variables, que para el presenta caso no todas las variables fueron relevantes en la investigación (Ostrom, 2009; Nagendra y Ostrom, 2014). Por ello se utilizó el marco de SES para diagnosticar las variables de interés y organizarlas de acuerdo a su relación, así como para asegurarse de considerar una multiplicidad de variables potencialmente aplicables antes de identificar aquellos factores específicos que se indican como importantes según el conocimiento de investigaciones previas (sección 1 y 2 de figura 1.10) y del trabajo de campo realizado (Nagendra y Ostrom, 2014).

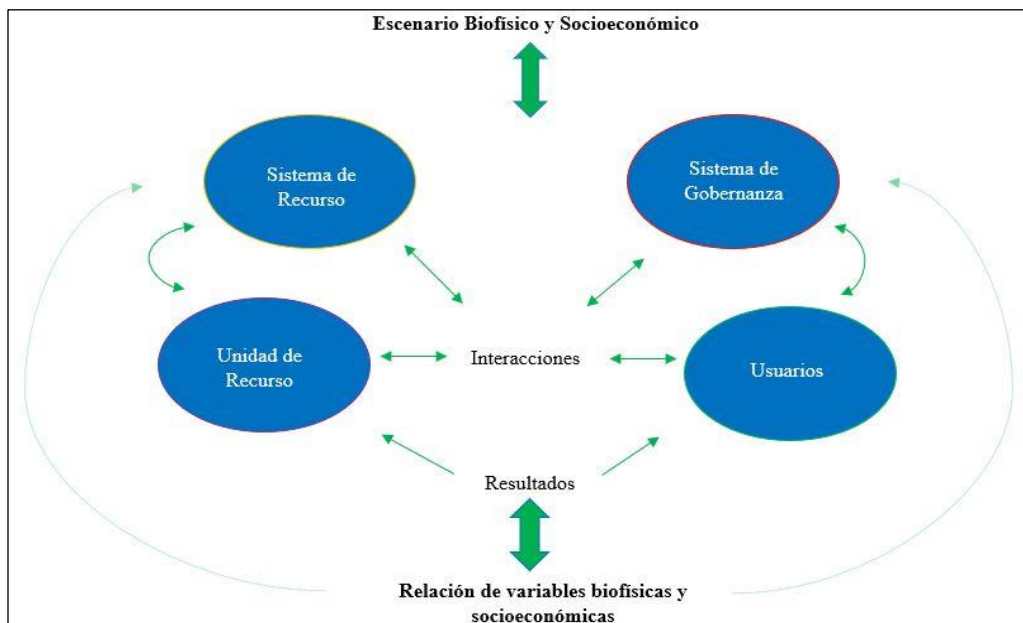


Figura 1. 10. Estructura básica de subsistemas de marco del SES adaptado al estudio paisajístico productivo en Cajón.

Fuente. Elaboración propia a partir de (Nagendra y Ostrom, 2014; Ostrom, 2009).

De las 56 variables de segundo nivel que presenta el marco del SES (figura 1.9 y cuadro 1.5), se seleccionaron 41 de ellas para el estudio del capítulo SES (cuadro 2.1) (Ostrom, 2009). A su vez, la selección de estas variables se basó en las dinámicas en torno al recurso

agrícola y las particularidades socioecológicas del contexto de Cajón. Además, la integración de cada una de las variables explica procesos y fenómenos relacionados con el recurso dentro del área de estudio. En el caso de las entrevistas, se generó una lista de actores clave que permitieron obtener información de las variables seleccionadas. En total se desarrollaron siete entrevistas de preguntas abiertas mediante un formulario en línea y cuatro entrevistas presenciales, con lo cual se implementaron un total de once.

Cuadro 1. 5. Variables de segundo nivel de los subsistemas del marco SES utilizadas en el estudio relacionado con aspectos biofísicos y socioeconómicos, como la razón general para su exclusión o inclusión.

Código variable	Nombre de la variable	Utilizado en este estudio	Razón de inclusión / exclusión
Sistema de Recurso (RS)			
RS1	Sector (por ejemplo, agua, bosques, pastos, peces)	No	Considerada en la variable RS9
RS2	Claridad de los límites del sistema	Sí	Límites definidos de la ubicación del recurso.
RS3	Tamaño del sistema de recursos	Sí	Centrado en los recursos agrícolas más amplios del sistema.
RS4	Instalaciones construidas por el ser humano (infraestructura)	No	No es relevante para el estudio
RS5	Productividad del sistema	Sí	Relevante en el estudio por ser un recurso con fines de lucro o de subsistencia
RS6	Propiedades de equilibrio	Sí	Variable importante en el estudio
RS7	Predictibilidad de las dinámicas del sistema	Sí	Variable importante en el estudio
RS8	Evidencia e historia de impactos	Sí	Se evidencia cambios históricos asociados al sistema y el recurso.
RS9	Ubicación	Sí	Variable importante en el estudio
Unidades de Recursos (RU)			

RU1	Movilidad del recurso	No	Recurso inmóvil por tanto no es de relevancia en el estudio.
RU2	Tasa de crecimiento o reemplazo del recurso	Sí	Variable importante en el estudio
RU3	Interacción entre unidades de recursos.	Sí	Variable importante en el estudio
RU4	Valor del recurso	Sí	Mismo aspecto que RS2
RU5	Número de unidades/tamaño	Sí	Mismo aspecto que RS3
RU6	Características distintivas	No	No es de relevancia en el estudio
RU7	Distribución espacial y temporal	Sí	Mismo aspecto que RS2
Sistemas de Gobernanza (GS)			
GS1	Organizaciones gubernamentales	Sí	Existe una presencia importante del Estado en la zona de estudio
GS2	Organizaciones no gubernamentales	Sí	Existe una importante presencia de Cooperativas y empresas en el área de estudio.
GS3	Estructura de red	Sí	Variable importante en el estudio
GS4	Sistemas de derechos de propiedad	No	No es relevante en el estudio
GS5	Reglas operacionales	No	No se determinó la presencia de este tipo de reglas
GS6	Reglas de escogencia colectiva	No	No se determinó la presencia de reglas de este tipo
GS7	Reglas constitucionales	Sí	Mismo aspecto que GS3
GS8	Reglas de monitoreo y sanción	Sí	Mismo aspecto que GS3
Actores (A)			
A1	Número de actores relevantes	Sí	Existe presencia de múltiples actores en el área de estudio

A2	Atributos socioeconómicos de los usuarios	Sí	Variable importante en el estudio
A3	Historia del uso del recurso de los actores	Sí	Hechos históricos importantes en el uso del recurso
A4	Ubicación	Sí	Asociado a la variable RS9
A5	Liderazgo / emprendimiento	No	No es de relevancia en el estudio
A6	Capital social (Normas-confianza/reciprocidad)	No	No es de relevancia en el estudio
A7	Conocimiento de SES / modelos mentales	Sí	Mismo aspecto que A2
A8	Importancia del recurso (dependencia)	Sí	Mismo aspecto que A2
A9	Tecnologías disponibles	Sí	Mismo aspecto que A2
Situaciones de acción—interacciones y resultados (I)			
I1	Niveles de cosecha	Sí	Asociado a la variable RU5
I2	El intercambio de información	Sí	Relevante en el estudio
I3	Procesos de deliberación	Sí	Relevante en el estudio
I4	Los conflictos	Sí	Mismo aspecto que I3
I5	Actividades de inversión	Sí	Mismo aspecto que I3
I6	Actividades de cabildeo	No	No se determinó incidencia de esta variable
I7	Actividades de autoorganización	Sí	Mismo aspecto que I3 y GS8
I8	Actividades de redes	Sí	Mismo aspecto que I3 y GS8
I9	Actividades de monitoreo	No	Ya se aborda en unidad de recurso (GS8)
I10	Actividades evaluativas	Sí	Mismo aspecto que I3
Criterios de Resultados (O)			

O1	Medidas de desempeño socio-económico (p. Ej., Eficiencia, equidad, responsabilidad, sostenibilidad)	Sí	Relevante en el estudio
O2	Medidas de desempeño ecológico (p. Ej., Sobreexplotada, resiliencia, biodiversidad, sostenibilidad)	Sí	Relevante en el estudio
O3	Externalidades a otros SESs	No	No se determinó incidencia de esta variable
Escenario Social, Económico y Político (S)			
S1	Desarrollo económico	Sí	Variable importante en el estudio
S2	Tendencias demográficas	Sí	Mismo aspecto que S1
S3	Estabilidad política	Sí	Mismo aspecto que S1
S4	Políticas de gobernanza de recursos	Sí	Mismo aspecto que S3 y GS8
S5	Mercados	Sí	Mismo aspecto que S1
S6	Organizaciones mediáticas	No	Mismo aspecto que S1
S7	Tecnología	Sí	Mismo aspecto que A9
Ecosistemas relacionados (ECO)			
ECO1	Patrones climáticos	Sí	Variable importante en el estudio
ECO2	Patrones de contaminación	No	No se determinó incidencia de esta variable
ECO3	Flujos dentro y fuera del SES focal	No	No se determinó incidencia de esta variable

Fuente. Elaboración propia a partir de (Nagendra y Ostrom, 2014; Ostrom, 2009).

Razón de escogencia de las variables del marco SES

Como se mencionó anteriormente, la escogencia de las 41 variables del marco SES se basó en las dinámicas e interacciones dentro del sistema socioecológico que se desarrollan en torno al recurso agrícola del distrito. Por consiguiente, en el siguiente cuadro se procede a explicar con más detalle porque se escogieron estos factores, que a su vez engloban las subvariables de segundo nivel utilizadas dentro del conjunto de las variables de primer nivel.

Cuadro 1. 6. Razón de escogencia de las variables del marco SES.

Variables de primer nivel	Descripción sobre escogencia de variables
Sistema de Recurso (RS)	En torno al sistema de recurso se utilizaron variables de 2 ^{do} nivel relevantes en el estudio, en inicio la claridad de los límites del sistema (RS2) se asocia al área político-administrativa de Cajón por lo que se identifica claramente el límite del recurso agrícola en el área de estudio y su ubicación (RS9), a su vez se enmarca el tamaño del sistema de recurso agrícola (RS3) tomándose en cuenta en los cultivos de mayor alcance espacial, socioeconómico e histórico, de igual forma la productividad del sistema (RS5) se incluye debido a su trascendencia en la conservación temporal de estos recursos y por su colaboración en la configuración del paisaje. Por su parte las variables RS6, RS7 y RS8 fueron tomadas en cuenta por su importancia en la comprensión del sistema en cuanto a su condición actual como su evolución a lo largo del periodo evaluado.
Unidad de Recurso (RU)	En lo correspondiente a esta variable, la tasa de crecimiento o reemplazo del recurso (RU2) tuvo como objetivo determinar las distintas modificaciones espacio-temporales (asociado a la variable RU7 y RS2) de los recursos agrícolas específicamente en aspectos de edad de cosecha, extracción, periodos de recambio y tasa de crecimiento de los cultivos analizados, consecuentemente la interacción entre unidades (RU3) buscó identificar la existencia de relaciones entre recursos, principalmente con aquellos que han sido parte del desarrollo del sector agrícola. En tanto el valor del recurso (RU4) y el número de unidades/tamaño (RU5), son factores que están asociados a algunas variables del Sistema de Recurso (RU) a lo largo del marco SES, siendo abordadas por su importancia particular en la investigación (Sierra et al., 2016).
Sistema de gobernanza (GS)	En cuanto al sistema de gobernanza (GS), las organizaciones gubernamentales (GS1) como no gubernamentales (GS2) tienen un papel importante en la configuración paisajística, especialmente en cómo se configura el recurso agrícola y sus alcances en el entorno social, económico, y natural dentro del territorio estudiado, de igual forma las siguientes variables; la estructura de red (GS3), las reglas constitucionales (GS7) y reglas de monitoreo y sanción (GS8) se vinculan con los rangos de acción que desempeñan las organizaciones presentes dentro del distrito a su vez enmarcar que las políticas planteadas en dichas organizaciones tienen injerencia en el funcionamiento del aparato agrícola y por ende en la configuración del recurso agrícola (Sáenz Segura & Chaves Moreira, 2013)
Actores (A)	En el caso de los actores (A) son de vital importancia en la comprensión de las dinámicas que se dan entorno al recurso, pues como se menciona anteriormente con las variables GS2 y GS3 estas entidades son parte de los actores, los mismos juega un rol primordial en cómo el recurso agrícola ha evolucionado y cómo se establece actualmente en el distrito, por tanto, se procede a tomar en cuenta el número de actores (A1) que tienen alcance sobre el recurso, de igual forma se toma en cuenta los atributos socioeconómicos de los usuarios (A2), el conocimiento del SES (A7) que pudieran conocer los usuarios, sobre la importancia del recurso (A8) dentro del área estudiada y las tecnologías disponibles (A9) vinculadas al recurso como tal. Se identifica también la historia del uso del recurso (A3) a través de los acontecimientos más importantes y asociada a la variable RS9 la ubicación (A4) de los usuarios dentro del sistema del recurso agrícola.

<p>Situaciones de acción— interacciones y resultados (I)</p>	<p>En esta sección las variables representadas cumplen un cometido importante en la elucidación de la configuración paisajística y sus procesos de cambio ya que dan indicios sobre su desarrollo tanto a lo largo del tiempo como de su dinámica actual. Inicialmente se toma en cuenta los niveles de cosecha (I1) específicamente de los cultivos abordados que a su vez se vincula a la variable RU5 del número de unidades y su tamaño, por su parte el intercambio de información (I2) se centra entre los productores vinculados al recurso agrícola y el tipo de información compartida. De igual forma se ahonda en los procesos de deliberación (I3) en cuanto al uso del recurso, dicha variable anida las siguientes: la existencia de conflictos (I4), actividades de inversión (I5), actividades de autoorganización (I7), actividades de redes (I8) y por último actividades evaluativas (I10), abordando estas variables aspectos tales como las pautas de extracción y manejo del recurso por parte de los productores, a su vez identifica procesos de colaboración o alianzas, evalúan la situación del recurso y los efectos de las actividades de manejo en el recurso y el sistema en general.</p>
<p>Criterios de Resultados (O)</p>	<p>Para el caso del criterio de resultados (O) se escogieron dos de sus subvariables (2^{do} grado), • Las medidas de desempeño socio-económico (O1) la cual se aborda mediante entrevistas realizadas a los actores del distrito y el material bibliográfico disponible cuyo propósito fue vislumbrar la evolución e impactos del tema socioeconómico en la zona, en correspondencia con las medidas de desempeño ecológico (O2) se abordan de la misma forma con la finalidad de percibir cual ha sido la evolución y los impactos en el plano ambiental dentro del distrito Cajón.</p>
<p>Escenario Social, Económico y Político (S)</p>	<p>La siguiente variable como sus subvariables (2^{do} grado) tienen un rol claramente importante en la explicación de los cambios paisajísticos en el área de estudio donde múltiples factores se vinculan de manera bidireccional entre el recurso agrícola y el desarrollo humano y los procesos estructurales de cambio en el espacio, es decir hay una relación recíproca. Factores como las tendencias demográficas (S2) que tienden a marcar un aumento poblacional, la demanda de producción por parte de los mercados (S5) tanto locales como internacionales y las crecientes tecnología (S7) han llevado a un desarrollo económico (S1) para satisfacer las necesidades socioeconómicas de la población dentro del distrito, que a su vez encarrila la configuración del recurso agrícola del distrito en una dinámica versátil a través del tiempo que genera junto a condiciones de estabilidad política (S3) y políticas de gobernanza de recursos (S4), en cambios en la estructura del paisaje y por ende del recurso agrícola (INEC, 2021c).</p>
<p>Ecosistemas relacionados (ECO)</p>	<p>Se determina la importancia de los patrones climáticos (ECO1) al desarrollar este tipo de estudios, especialmente cuando se abordan recursos agrícolas donde usualmente se encuentra vinculación con otros recursos naturales. Igualmente, el clima juega un papel importante en el desarrollo de los recursos agrícolas, hoy por hoy el cambio climático se presenta como uno de los retos en el ámbito agrícola que debe ser estudiado para comprender el estado del sector y por ende de sus recursos.</p>

Fuente: elaboración propia a partir de (Ostrom, 2009; Nagendra & Ostrom, 2014; Delgado serrano & Ramos, 2015).

Estructura y composición paisajística en Cajón con especial énfasis en las actividades productivas

Para la identificación de la estructura y composición paisajística en Cajón, se usaron dos imágenes de la plataforma de sensores Landsat; Landsat-5 para el año 1997 y Landsat-8 para el año 2021. De acuerdo a la serie y año del sensor, se compone de entre 4 a 9 bandas espectrales (mínimo de bandas e incrementado su número según serie del satélite) elegidas especialmente para el monitoreo de la vegetación y para el estudio de los recursos naturales. Estas bandas pueden combinarse produciendo una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones. Presentan una resolución temporal de 16 días, su resolución espacial es de 30 metros de tamaño de píxel, con una resolución espectral de 7 y 9 bandas, la resolución radiométrica es de 8 y 16 bits respectivamente para cada sensor. Sin embargo, para el trabajo se estandarizó la resolución radiométrica mediante un reescalado a 8 bits que representan niveles digitales (ND) calibrados para poder comprar las imágenes de ambos sensores (Díaz Aguilar et al., 2017). Además, se utilizaron el mismo número de bandas en sus respectivas longitudes de onda para desarrollar el RGB e índices que ayudaran a mejorar el modelo de la clasificación supervisada. Estas bandas con sus respectivas longitudes de onda están asociadas al sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) que dispone de lectura en nueve canales (bandas) situadas en distintas zonas del espectro electromagnético mientras que el TM (Thematic Mapper) dispone de siete bandas (Fernández y Herrero, 2001).

Las imágenes se trabajaron mediante la plataforma de geomática Google Earth Engine en adelante GEE, que ofrece las herramientas y la potencia computacional necesarias para analizar y extraer información de un gran almacén de datos espacio-temporales. Entre sus usos es pertinente en la detección de cambios de la cubierta terrestre, ya que cuenta con una copia total del catálogo de imágenes Landsat con las cuales se trabajó (Turpo y Chaves, 2017). Entre las ventajas de su uso, la plataforma evita la descarga de imágenes al ordenador, además el llamado de las imágenes se da en la plataforma GEE y la combinación de bandas es mucho más simple en comparación con el uso de softwares de escritorio. En entornos locales como ArcGIS y QGIS se debe seguir una serie de pasos en el preprocesamiento de las imágenes para poder iniciar el proceso de la clasificación supervisada, cuya finalidad es identificar los diferentes usos/coberturas de la tierra de acuerdo a los parámetros establecidos en el software (áreas de entrenamiento) para la

clasificación supervisada. Al utilizar GEE se evitó el almacenamiento de considerables volúmenes de datos dentro del disco interno del computador. Además, el proceso de corrección atmosférica se logró llevar a cabo mediante la plataforma de GEE de forma más sencilla utilizando el lenguaje de programación en el editor de código y de igual manera se mejoraron los tiempos de trabajo.

Para los sensores Landsat 5 y 8 se trabajaron con las bandas, roja, verde, azul, infrarrojo cercano y medio, como se presenta en la figura 1.11.

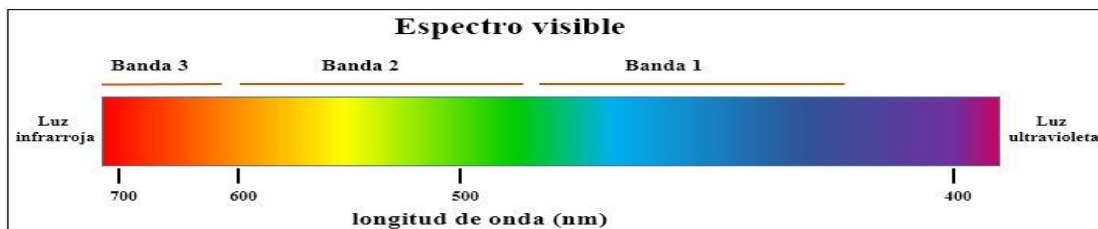


Figura 1. 11. Rango del espectro visible de las bandas RGB (siglas en inglés).

Fuente. Elaboración a partir de (Fernández y Herrero, 2001).

El sensor Landsat 5 TM y 8 OLI (Operational Land Imager) cuenta con un periodo de imágenes que va desde 1984 a 2013, y de 2013 a la actualidad, para cada sensor respectivamente. Ahora, el preprocesamiento de las imágenes en la plataforma de GEE contiene variedad de métodos de procesamiento específicos de Landsat. Estos son, el cálculo de la radiancia en el sensor, la reflectancia de la parte superior de la atmósfera (TOA), la reflectancia de la superficie (SR), la puntuación de la nube y los compuestos sin nubes (GEE, 2022b).

Para este estudio se utilizó el cálculo de reflectancia de la superficie (SR), la cual mide la fracción de la radiación solar entrante que se refleja desde la superficie de la Tierra al sensor. Ahora, los algoritmos de reflectancia de superficie LEDAPS y LaSRC corrigen los efectos de dispersión y absorción temporal-espacial, también espectralmente las variables de los gases atmosféricos, siendo necesario para caracterizar de manera confiable la superficie de la Tierra (USGS, 2021). Este puede variar sus características dependiendo del sensor Landsat utilizado, por ejemplo, Landsat 8 contienen 5 bandas visible e infrarrojo cercano (VNIR) y 2 bandas infrarrojas de onda corta (SWIR) procesadas para reflectancia superficial ortorrectificadas, y dos bandas infrarrojas térmicas (TIR) procesadas a temperatura de brillo igualmente ortorrectificadas (GEE, 2022b; Google Earth Engine, 2021).

Para el procesamiento de las imágenes se llevó a cabo una clasificación supervisada utilizando firmas espectrales obtenidas de las muestras de entrenamiento mediante una composición de bandas de RGB del espectro visible, para la generación de las distintas áreas de entrenamiento en las imágenes. Para mejorar el modelo se utilizaron los siguientes índices y bandas (cuadro 1.7).

Cuadro 1. 7. Índices y bandas (covariables) de los sensores Landsat 5 y 8; datos de entrada para desarrollar la clasificación supervisada con el modelo Random Forest en adelante RF.

Índice / banda	Descripción
Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	Permite determinar y diferenciar zonas de cobertura de vegetación y suelo descubierto, su escala va de -1 a 1; cero representa el valor aproximado donde empieza la ausencia de vegetación, valores negativos representan superficies sin vegetación, y cuanto más cercano a uno mayor densidad de vegetación. Su fórmula se realiza con las bandas del infrarrojo cercano y la banda roja: $NDVI = (NIR-RED) / NIR+RED$
Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)	Este índice mide la cantidad de agua que posee la vegetación o el nivel de saturación de humedad que posee el suelo, el mismo oscilan entre -1 y 1 para las zonas con menos humedad. Se utilizó la fórmula de McFeeters 1996, en la cual se sustituye la banda SWIR por la banda visible del verde, quedando la ecuación: $NDWI = (GREEN-NIR) / (GREEN+NIR)$
Razón simple/Simple Ratio (SR) o Relación índice de vegetación /Ratio Vegetation Index (RVI)	Es un cociente simple que utiliza el infrarrojo cercano entre la banda roja, usualmente usado para estimaciones de biomasa e índice de área foliar, lo cual ayuda en el desarrollo de la clasificación ya que es sensible a las propiedades ópticas de la tierra. Fórmula: NIR/RED
Índice de resistencia atmosféricamente visible (VARI)	Este índice resalta la vegetación en la parte visible del espectro, a su vez mitiga las diferencias en la iluminación y los efectos atmosféricos, siendo idóneo para la composición RGB ya que utiliza las tres bandas de color. $(Green - Red) / (Green + Red - Blue)$
Índice de vegetación mejorado (EVI)	Este permite monitorear el estado de la vegetación en caso de altas densidades de biomasa y viceversa, el mismo se optimizó a partir del NDVI para reducir la influencia de la atmósfera, tiene una mejor disposición que el NDVI para zonas con escasa cobertura vegetal y fuerte efecto del suelo desnudo, además no muestra problemas de saturación como el NDVI con altas densidades de biomasa. $2.5 * (NIR - RED) / (NIR + 6.0 * RED - 7.5 * BLUE + 1.0)$
Índice de Vegetación de Clorofila Verde (GCVI)	Este índice es ideal para utilizarse en una amplia gama de especies vegetales, dándole una gran relevancia en la identificación de cultivos, este se calcula como una relación de

	la reflectancia de la clorofila en la banda NIR respecto a la reflectancia en la banda verde, su fórmula es: $((NIR/GREEN) - 1)$
Banda (B) 1: Azul	Esta banda se encuentra en Landsat 5 en la posición 1, entre los 0.45 - 0.52 micrómetros (μm), en Landsat 8 está posicionada en la banda 2, y tiene un rango entre los 0.45 - 0.51 μm , ambas tienen una resolución espacial de 30 metros, y se diferencian en su resolución radiométrica (descrito anteriormente).
Banda (B) 2: Verde	En Landsat 5 se encuentra en la posición 2, entre los 0.52 - 0.60 micrómetros (μm). En Landsat 8 está posicionada en la banda 3, y tiene un rango entre los 0.53 - 0.59 μm , ambas tienen una resolución espacial de 30 metros, y se diferencian en su resolución radiométrica (descrito anteriormente).
Banda (B) 3: Roja	Ubicada en Landsat 5 en la posición 3, entre los 0.63 - 0.69 μm , para Landsat 8 se posiciona en la B 4 con un rango entre los 0.64 - 0.67 μm , tienen una resolución espacial de 30 metros, con diferente resolución radiométrica en ambos sensores.
Banda (B) 4: Infrarrojo cercano	Esta en la posición 4 en Landsat 5, entre los 0.76 - 0.90 μm , en Landsat 8 está posicionada en la banda 5, y tiene un rango entre los 0.85 - 0.88 μm , ambas tienen una resolución espacial de 30 metros, y se diferencian en su resolución radiométrica.

Fuente: elaboración propia a partir de (Muñoz, 2013; Delpino Aguayo et al., 2018; Posada Asprilla et al., 2019; Ulfa et al., 2022).

Ahora bien, de igual forma se utilizó el análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés) como bandas de entrada para mejorar el desarrollo del modelo de Machine Learning en adelante ML del RF, que fue el método escogido para el desarrollo de la clasificación supervisada. La funcionalidad de los PCA está en la rotación espectral que toma datos de la imagen espectralmente correlacionada y genera datos no correlacionados, esta transformación se logra mediante la diagonalización de la matriz de correlación de la banda de entrada (matriz de varianza-covarianza simétrica) a través del análisis de Eigen para obtener los valores propios y los vectores propios de la matriz de covarianza (Balázs et al., 2018; Congedo, 2021).

Fórmula empleada para obtener los PCA: $Y = D^t X$

Y= Vector de PCA

D= matriz de vectores propios de la matriz de covarianza C_x en el espacio X

t = denota transposición vectorial

$$X = P - M$$

P = vector de valores espectrales asociados a cada píxel

M = vector de la media asociada a cada banda

La transformación de componentes principales proporciona un nuevo conjunto de bandas, donde los PCA que tienen como característica, que no están correlacionados, además, cada componente tiene una varianza menor que el componente anterior, y lo usual es usar los tres primeros PCA debido a que suelen contener más del 90% de la varianza, ayudando a mejorar la precisión general de la clasificación (Congedo, 2021; Dehkordi et al., 2022).

Por último, el algoritmo RF es un método de aprendizaje tanto de clasificación y regresión basado en la construcción de múltiples árboles de decisión. Durante la etapa de entrenamiento y como resultado, brinda una clasificación o predicción promedio de los árboles individuales (Mendoza, 2002). Según Espinosa Zúñiga (2020), la composición del algoritmo (ver figura 1.12) de este sistema de ML, se genera con un número considerable de árboles de decisión (k) con el conjunto de datos, donde cada árbol contiene un subconjunto aleatorio de variables m (predictores) de forma que $m < M$ (donde M = total de predictores), creciendo cada árbol hasta su máxima extensión.

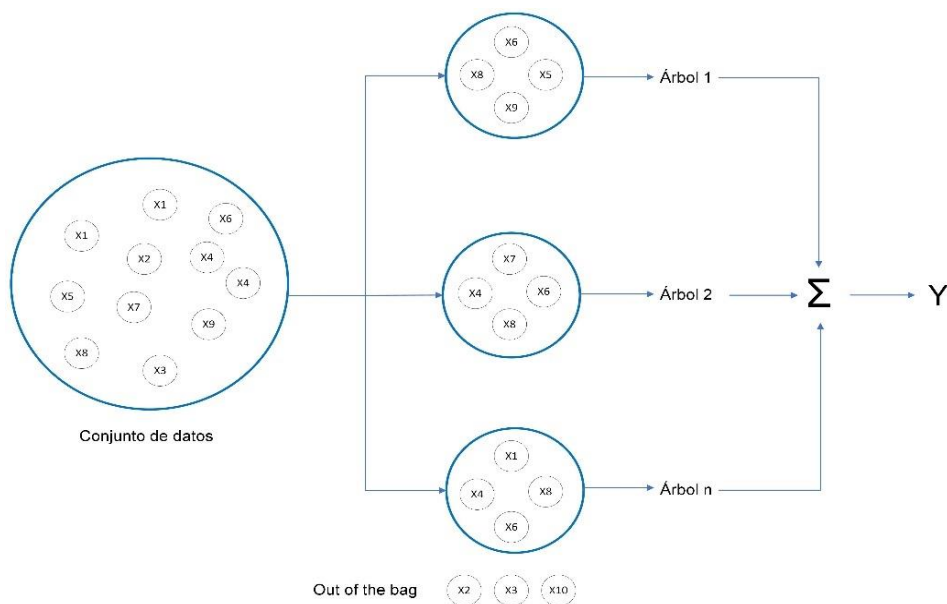


Figura 1. 12. Algoritmo Random Forest.

Fuente. Elaboración a partir de (Espinosa Zúñiga, 2020).

Este algoritmo es uno de los más utilizados en solución de problemas de reconocimiento de patrones. Para su funcionamiento solo necesita dos parámetros; el parámetro m como número de variables utilizadas al azar para cada división o número de variables predictivas y el parámetro k que sería el número de árboles de clasificación (Mendoza, 2002; Del Toro et al., 2015). Importante enfatizar que para los datos de entrada se realizó un proceso de fotointerpretación como herramienta base para la creación de los datos de entrenamiento.

El modelo se realizó con las covariables mencionadas (los índices, bandas de las imágenes Landsat y las bandas PCA), y con las áreas de entrenamiento, las cuales consistieron en 8 coberturas para el año 1997 y 9 coberturas para 2021, la diferencia entre el número de coberturas corresponde al cultivo de piña que fue introducido en el distrito en principios del año 2000 y que ha tenido gran relevancia en la dinámica agrícola, por ende hay una diferencia en el número de datos de entrenamiento para cada año; para el primer año se identificaron 129 polígonos del total de coberturas, y para 2021 fueron 178. En tanto, a partir de los datos de entrada antes de que se iniciara con la creación del RF, se crea con la función “Random Column” una columna de números deterministas pseudoaleatorios a los datos en cuestión (GEE, 2022a), seguidamente se le aplica una división aleatoria de las muestras con una proporción de 80% de observaciones para desarrollar el modelo, y un 20% de observaciones de prueba para determinar la precisión de la clasificación, amplificando los datos de muestra, entrenamiento y de prueba. Seguidamente se desarrolla el modelo de RF con un total de 100 árboles de decisión y 5 predictores seleccionados al azar por división obteniendo así las coberturas clasificadas para cada uno de los años estudiados (Chuvieco, 2016).

Validación del modelo RF

Una vez obtenida la clasificación se procedió a determinar la exactitud del modelo mediante la **precisión global**, que determina porcentualmente las proporciones que se cartografiaron correctamente. Por su parte la **precisión de usuario** está dirigida hacia el usuario y establece con qué frecuencia la clase en el mapa estará realmente presente en el terreno, a su vez, la **precisión de productor** es la frecuencia con la que las características reales del suelo se muestran correctamente en el mapa clasificado, o la probabilidad de que una cobertura en un área del suelo se clasifique como tal; tanto los valores de confiabilidad del usuario y del productor están relacionadas respectivamente con los errores de comisión y omisión, finalmente, el **índice Kappa** evalúa qué tan bien se desempeñó la clasificación en

comparación con la asignación aleatoria de valores (François Mas et al., 2012; Vargas Sanabria & Campos Vargas, 2018).

Para la validación de la información obtenida se formuló una matriz de confusión, la cual consiste en una matriz cuadrada en la que se compara la clasificación de la imagen con la verdad del terreno. A través de ella se evaluó la exactitud de la clasificación, situando en las filas las clases o categorías del mapa, y en las columnas las mismas clases para visualizar la veracidad en terreno de la información desarrollada en la clasificación supervisada. De igual forma se generó un muestreo aleatorio simple de puntos en campo para validación y se tomaron imágenes con el uso de un Sistema de aeronave pilotada a distancia, conocido como RPAS por sus siglas en inglés de la marca DJI (Boca y Rodríguez, 2012).

Teleacoplamientos y cambio paisajístico: Factores socioeconómicos, políticos y ambientales asociados

El tercer objetivo se desarrolló mediante el **marco de los teleacoplamientos (MT)** (Figura 1.13). Este presenta una organización explícita del concepto de teleacoplamiento y utiliza como estructura principal los múltiples sistemas acoplados y las conexiones presentes entre ellos (Liu et al., 2019). En principio el MT se basa en cinco principales componentes interrelacionados.

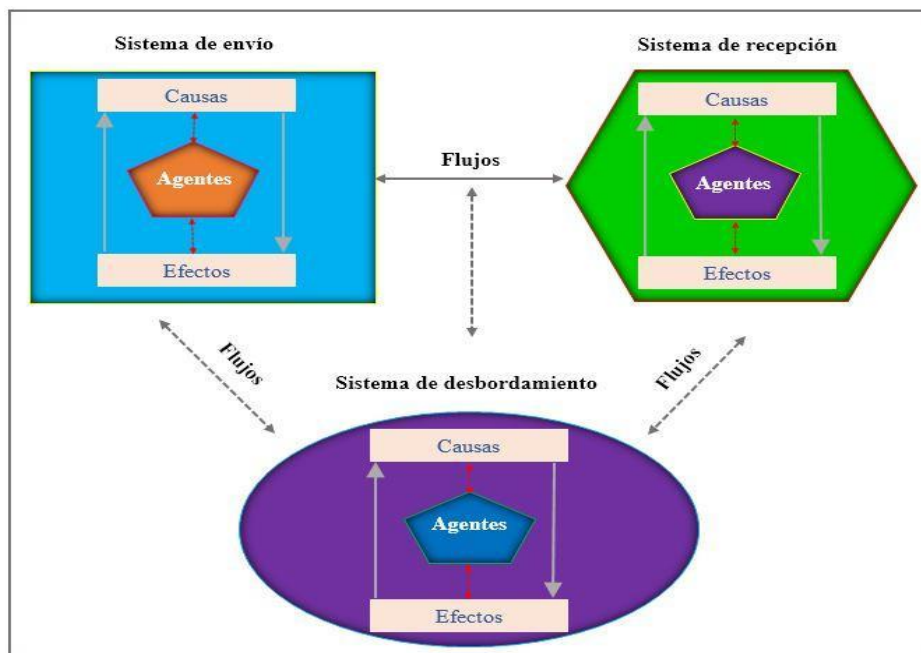


Figura 1. 13. Descripción general metodológica del Marco de Teleacoplamiento.

Fuente. Elaboración a partir de (Liu et al., 2019).

Según Liu et al. (2019), Tonini y Liu (2017), primeramente, están los **sistemas acoplados (SA)** humanos y naturales, asociado al segundo componente que es el **flujo** o movimiento de materiales, personas, energía, organismos, capital y/o información entre dos o más sistemas. El **SA** está compuesto por un sistema emisor donde inicia el flujo y un sistema receptor al que se envía el flujo. Ambos pueden tener efectos en otros sistemas, lo que se denomina como "sistemas de desbordamiento". Los flujos son facilitados por **agentes** (tercer componente) como entidades de toma de decisiones. A su vez estos flujos entre sistemas de envío, recepción y desbordamiento son el resultado de **causas** (cuarto componente), es decir, las razones o impulsores detrás de los flujos. Por último, el quinto componente del MT son los **efectos** que resultan de los flujos, teniendo un impacto socioeconómico y ambiental en los respectivos sistemas involucrados.

Ahora bien, tomando en cuenta estos cinco componentes se identifican aquellos SA y sus demás componentes que son trascendentales en la investigación según los resultados obtenidos de los objetivos uno y dos, esto a través de la aplicación web **Telecoupling Geo-App** la cual posee un conjunto de herramientas geoespaciales para el análisis socioeconómico y ambiental de sistemas acoplados humano naturales que va desde escalas locales a globales. Esto permitió identificar y mapear los cinco componentes mencionados, describir y cuantificar de manera integral múltiples interacciones socioeconómicas recíprocas a distancia (Tonini y Liu, 2017; Michigan State University, 2019).

Desafíos en el desarrollo del análisis de los teleacoplamientos dentro del distrito de Cajón

Este apartado surge debido a que se presentaron varios aspectos que generaron inconvenientes y dificultades para llevar a cabo el desarrollo del capítulo; análisis de los teleacoplamientos presentes en el área en cuestión, además, permite dar a conocer aquellos acontecimientos que surgieron a lo largo del proceso de desarrollo del apartado, evidenciando las limitantes que a continuación se presentan.

Cuadro 1. 8. Instituciones y entidades contactadas para la petición de información.

Institución contactada	Estado de contestación	Descripción detallada
PROCOMER-Reg. Brunca	Respondieron	Dicha entidad proporciono mayor parte de la información con la que se desarrolla el trabajo, esto a pesar de que la información no estaba en la escala espacial requerida ya que no la manejan a nivel distrital.
MEIC	Respondieron	Desde el MEIC respondieron que no tienen disponible la información requerida, por lo que recomendaron referirse a entidades como el MAG y PROCOMER.
CANAPEP	Sin respuesta	De parte de esta entidad no se obtuvo respuesta alguna, tanto por correo electrónico como por llamada telefónica, de igual forma sucedió en el desarrollo de la encuesta para el capítulo del SES como en la petición de datos orientada al presente apartado.
LAICA	Sin respuesta	De parte de esta entidad no se obtuvo respuesta alguna, tanto por correo electrónico como por llamada telefónica, igualmente en el desarrollo de la encuesta para el capítulo del SES como en la petición de datos orientada al presente apartado.
VOLCAFE	Sin respuesta	Cuando se les contacto para desarrollar la encuesta del capítulo del SES, la corporación colaboró en responder a dicha encuesta. No obstante, cuando se les contacto para pedir información sobre la producción de café no se tuvo ninguna respuesta.
ICAFE-Reg. Pérez Zeledón.	Respondieron	La respuesta fue positiva, sin embargo, no se obtuvieron datos ya que solamente cuentan con información de producción de café en fruta. Respecto al destino de la producción solo los tienen para el cantón y los destinos de exportación únicamente a nivel nacional. A pesar de ello, se logró encontrar un archivo de Excel perteneciente a dicha entidad que sirvió en el desarrollo del trabajo.
PINDECO	Sin respuesta	Se intentó contactar por varios medios a funcionarios de la empresa tanto por teléfono como por vía correo, sin embargo, no se tuvo respuesta. Por último, se hizo contacto con el jefe de producción de la finca Santa Fe que se encuentra en el área de estudio, se le pregunto si era posible obtener datos de la empresa, pero mencionó que debía consultar a sus superiores y que depende de ellos daban información, pero nunca se obtuvo algún tipo de respuesta después de esto.
CoopeCedral	Sin respuesta	En principio cuando se les pidió colaboración con la encuesta para desarrollar el capítulo del SES, los mismos colaboraron. Sin embargo, cuando se les pidió datos sobre producción sobre la cosecha de café, no se tuvo ninguna respuesta por parte de la cooperativa.
CoopeAgri	Respondieron	En el caso de esta cooperativa la misma colaboró con el llenado de la encuesta para el SES. En lo correspondiente a la petición de datos, se pidió información a varios departamentos de la cooperativa, sin embargo, varios funcionarios respondieron que no manejaban esos datos y refirieron a personal de la empresa que maneja datos de café y caña de azúcar, pese a ello no se obtuvo respuesta de estas personas.
MAG-Reg. Brunca	Respondieron	En el caso del MAG se tuvo respuesta positiva, pero los datos suministrados no eran útiles para el desarrollo de la investigación.

Fuente. Elaboración propia.

Importante mencionar que el acceso a información sobre datos de producción, países de destino, precios, medios de transporte de los productos, entre otros datos, son sumamente

difíciles de conseguir a escalas inferiores de país, donde únicamente desde las instituciones públicas se logró obtener datos a una escala cantonal, debido a que por distrito no poseen datos. Además, son pocas las instituciones que manejan esta información a dicha escala y que provean los datos, pues en mayoría de ocasiones no se obtiene respuestas positivas. En cuanto al caso de empresas u otras entidades del sector privado o semiprivado, es aún más difícil conseguir datos (ver más a detalle en el cuadro 4.1), ya que en la mayoría de las ocasiones no se obtiene respuesta alguna.

A su vez, se presentaron inconvenientes con las herramientas del telecoupling Toolbox, donde los algoritmos de la caja de herramientas no se vincularon al entorno de ArcGIS correctamente por lo cual se debió utilizar la versión en línea telecoupling Geo-App, ya que la herramienta parece no contar con actualizaciones y mantenimiento reciente por parte de la Universidad Estatal de Michigan, encargada de la herramienta y del sitio web.

Datos e información sobre los cambios del paisaje relevante en el MT

Este análisis se desarrolla tanto con información cuantitativa como cualitativa que se asociada con los datos totales de la investigación, por ende, se hizo alusión a los datos presentados en capítulos previos que dan claridad de los procesos de cambio y que se asocian a los procesos de teleacoplamiento encontrados en el área de estudio. Para el análisis desde la perspectiva del MT se utilizó las encuestas y entrevistas realizadas para el marco de los SES, ya que ambos son métodos que asimilan sus líneas de investigación y que pueden retroalimentarse, por ello se tiene información de relevancia que fueron utilizados para esta sección.

En conjunto con estos datos para el desarrollo del capítulo se procedió a recabar información de instituciones gubernamentales, cooperativas, empresas... en sí la información recabada toma en cuenta aspectos comerciales de los tres cultivos estudiados (café, caña de azúcar y piña), tales como la cantidad de producto exportado, el país de destino, la ganancia generada, área específica de destino dentro del país al que se exporto, nombre de entidad, medio de transporte, entre otros aspectos.

Sin embargo, solamente se obtuvo datos de PROCOMER y el MAG sobre la cantidad de producto exportado, el país de destino, y alguna información de la ganancia generada. Además, como se explicó anteriormente, se tuvieron dificultades para acceder a esta información, a su vez la misma no era lo que se esperaba, ya que la información no está

disponible a la escala adecuada, alguna de ella no se encuentra para la fecha requerida y en el caso del valor monetario presenta incongruencias. Por tanto, se procedió a realizar la investigación con dicha información y a través de la generación de técnicas metodológicas complementarias para dar mayor profundidad al análisis de los flujos de productos, lo cual se explica más adelante.

Desarrollo del análisis de los cambios del paisaje mediante el MT

En principio se organizó la información suministrada por las entidades mencionadas en tablas de Excel con el formato CSV, ya que tanto para la aplicación web (**telecoupling Geo-App**) como para trabajar los gráficos en **Google Colaboratory** en lenguaje R, es necesario que posea este formato para ser leídas correctamente por las dos plataformas web. Con dichos datos, se procedió a generar las tablas que detallan la cantidad de toneladas movidas y su destino, tanto a nivel de continente para introducir en la cartografía de los flujos de los productos en conjunto con los gráficos, como por país, esto con la finalidad de ahondar en el análisis de estos movimientos de los **SA**.

Ahora bien, estos flujos de productos teleacoplados se realizaron para cada uno de los cultivos examinados, esto a través de la aplicación web mencionada (ver figura 1.14) determinando así el destino y la cantidad de producto movilizado para el periodo estipulado, permitiendo observar los sistemas de envío y recepción de manera cartográfica.

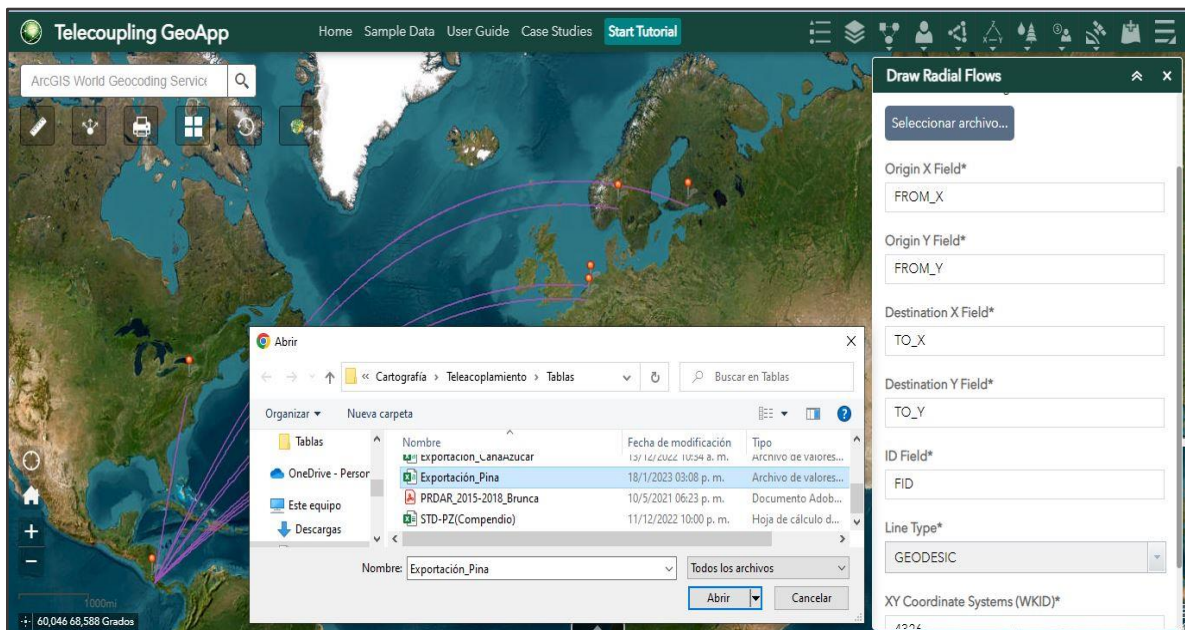


Figura 1. 14. Imagen del flujo de piña en entorno web de la aplicación de telecoupling Geo-App.

Fuente. Elaboración propia.

En el caso de los gráficos realizados desde Google Colaboratory, estos se realizaron mediante el lenguaje de programación R, ya que este entorno gratuito basado en Jupyter notebook trabaja con memoria y servidores de nube en la web que pertenecen a Google, almacenando los resultados y datos correspondiente al script en Google Drive (ver figura 1. 15), (Baume, 2021), este entorno permite tanto usar Python como R realizando la búsqueda correcta dentro del entorno.

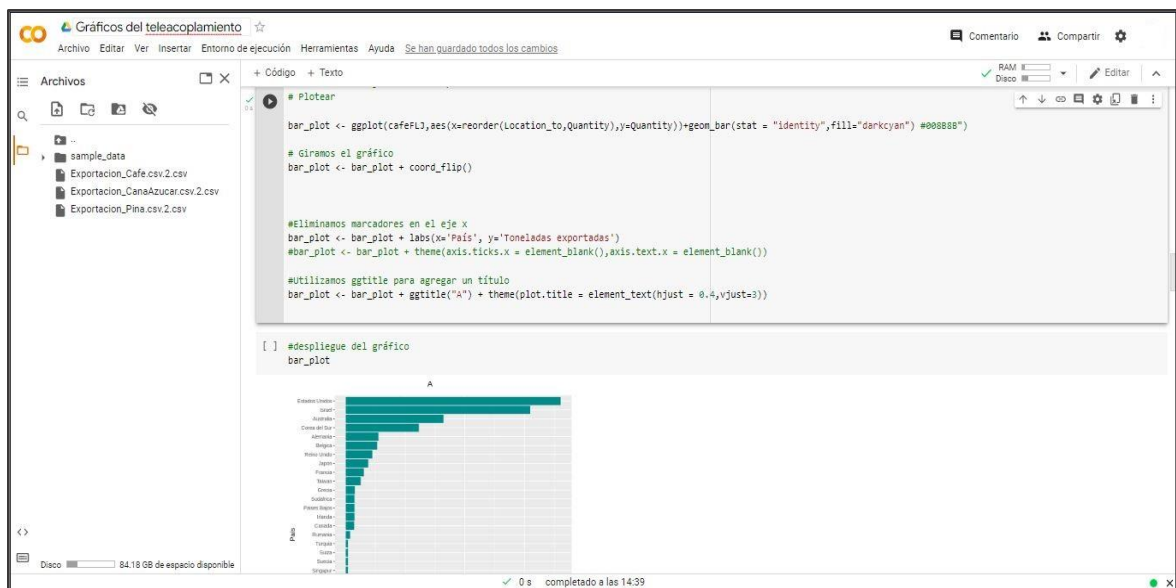


Figura 1. 15. Imagen del entorno web de Google Colaboratory con el script desarrollado. Fuente. Elaboración propia mediante los datos de Excel suministrados por PROCOMER.

Ahora, en cuanto a la determinación de los cinco componentes principales del MT, se desarrolló con cada uno de los insumos antes mencionados, lo cual incluye información bibliográfica, datos de instituciones gubernamentales y privadas, tanto de sus páginas oficiales como de la petición directa a algunos de estos entes (detallado en el cuadro 1.8), además de las entrevistas hechas a productores y las encuestas a instituciones gubernamentales, cooperativas y organizaciones privadas de los capítulos anteriores.

A partir de los datos mencionados se desarrolla la información por cada componente y flujo de producto (café, caña de azúcar, piña) en el que se determina las características y una

descripción para cada uno de estos componentes, además, se generó un diagrama o mapa que muestra de manera visual y clarificada cada uno de los componentes del MT, a su vez, con las capas obtenidas del telecoupling Geo-App se procedió a realizar los mapas de los flujos de productos que evidencia espacialmente las relaciones distantes que se dan hacia el distrito y viceversa, dicha cartografía se crea mediante el SIG de software libre de QGIS. Por último, el análisis de estos flujos se desarrolla mediante los aspectos socioeconómicos y biofísicos de la evolución encontrada desde los años 90 en conjunto con las clasificaciones supervisadas que determinaron los cambios en el aérea de estudio. Así mismo se hace alusión a hechos históricos acontecidos en la zona, tanto a través de las entrevistas realizadas a productores, como mediante bibliografía para explicar cómo a través de estos hechos y aspectos han ocasionado los cambios que se tiene en la actualidad dentro del paisaje en Cajón.

Capítulo 2. Aplicación del Marco del Sistema Socio-ecológico (SES) para la caracterización del paisaje del distrito Cajón

Introducción

El paisaje está compuesto por componentes sociales y biofísicos, así como por las dinámicas entre estos componentes. En el paisaje se incluyen los elementos biofísicos como los ecosistemas, vegetación, suelo, topografía, etc., de igual forma los elementos socioeconómicos que están ligados a las características biofísicas del espacio como tal, ya que los elementos biofísicos son influyentes de los procesos socioeconómicos que surgen en el espacio habitado por el ser humano, y viceversa. Por su parte, el paisaje se ve modificado por los distintos usos de la tierra (agriculturización y la urbanización) que evidentemente se vinculan a procesos sociales, económicos, políticos e institucionales que inciden en transformaciones ecológicas que impactan de distintas formas en el entorno (Montero Mora & Viales Hurtado, 2015).

En Costa Rica los procesos de agriculturización han sido de los principales aspectos que han tenido importante injerencia en los cambios paisajísticos, principalmente entre el siglo XIX e inicios del siglo XX, donde el cultivo de café marcó un antes y un después en las condiciones del paisaje, y por ende en el uso de la tierra (Montero Mora, 2014). Por su parte, la expansión urbanística actualmente genera cambios importantes, especialmente en el Valle Central del país y ciudades intermedias fuera de la Gran Área Metropolitana (GAM)

(Martínez & Ruíz, 2015; Informe Estado de la Nación, 2017a), siendo el caso de San Isidro del General y su alrededor, como el sector de Palmares cuya ubicación es próxima al distrito de Cajón. Sin embargo la cobertura urbana para 2013 en el país representaba solo un 1% de la cobertura general de la tierra; así, la vegetación natural, el uso agropecuario y las plantaciones forestales son las que tenían un mayor porcentaje de la cobertura nacional con un 62%, 35% y un 2% respectivamente (Sierra et al., 2016).

Para el caso de Cajón y los distritos aledaños, el cultivo de café al igual que en mayor parte del territorio nacional, ha tenido un papel importante en los cambios paisajísticos. De igual forma cultivos como la caña de azúcar y pastos para ganado, han sido cultivos históricos de la zona que marcaron tendencias en formaciones de fincas o parcelas de mediana a grande extensión (de 5 a 100 Ha) que generaron modificaciones notorias del paisaje (Miranda, 1985; Sierra et al., 2016). En la actualidad el cultivo de piña se ha unido a estos cultivos que han modificado los patrones y **usos de la tierra** en el distrito, siendo así los principales productos que marcan el cambio del **uso de la tierra**, que a su vez repercute en la **cobertura de la tierra** (Montero Mora & Viales Hurtado, 2015).

El presente capítulo se vale del Marco del sistema socioecológico (SES framework en inglés), el cual fue utilizado como una herramienta para caracterizar y entender mejor las dinámicas socioecológicas en un sistema complejo adaptativo que depende del recurso agrícola. En consecuencia, se procede a caracterizar las interacciones entre factores biofísicos y socioeconómicos para el área de Cajón mediante el marco SES de Ostrom (2009), con la finalidad de entender la dinámica espacio temporal de estas interacciones, donde factores globales y locales han generado impactos sobre el paisaje del distrito Cajón, con cambios en el uso de la tierra relacionados a expansión de cultivos, degradación ecológica, destrucción de hábitats, entre otros (Alemán, 2014). La aplicación del marco implica la identificación de las variables más relevantes que interactúan entre los factores socioeconómicos y biofísicos, permitiendo su caracterización y entendiendo las relaciones entre estos factores que repercuten el recurso.

Resultados y discusión

El presente apartado aborda los resultados obtenidos de la aplicación del marco SES para caracterizar y entender las dinámicas socioecológicas en torno al recurso agrícola en Cajón.

Por tanto, se procede a agrupar aquellas variables de primer nivel que se relacionan entre sí y que tuvieron respuestas similares entorno al recurso y su dinámica.

Sistema de recurso (RS) y unidad de recurso (RU)

Inicialmente la claridad del límite del sistema (RS2) en el cual se encuentra la unidad de recurso (RU), está dado por dos factores inherentes al área de estudio; en principio por el límite político administrativo (RS9) del distrito Cajón y, por otro lado, los límites de los sistemas productivos (caña de azúcar, piña y café), los cuales están asociados a las características biofísicas tales como la topografía, el tipo de suelo, la geomorfología, y tipo de clima.

Ahora bien, la caña de azúcar en el área de estudio usualmente se desarrolla en zonas con pendientes planas u onduladas determinando así su ubicación; no obstante, es frecuente que se ubiquen pequeñas parcelas en pendientes moderadas a fuertes. Los suelos ultisoles es donde se desarrolla el cultivo presentando baja fertilidad, además climáticamente la zona presenta un clima tropical lluvioso con una temperatura media de 23° C con poca variabilidad a través del año (Chaves Solera, 2008). El tamaño del sistema en cuestión (RS3, RU5) según Chaves & Chavarría (2012), está dado por una cantidad de 803,6 ha para el distrito, mientras que el total para el cantón Pezoteño era de 4084 hectáreas. En tanto la producción (RS5) para el año 2019 se tuvo un total de 289766 toneladas métricas (TM) de caña entregadas al ingenio Milton Fonseca (Chaves Solera, 2019).

Respecto al cultivo de café, este se encuentra dentro del distrito en variedad de pendientes desde planas a fuertes. Su desarrollo óptimo va desde los 500 msnm hasta los 1700 msnm, encontrándose dentro de estos rangos adecuados mostrando una distribución variada de la plantación. El patrón de lluvia y temperatura (1000 mm a 3000 mm anuales / 17 °C a 23 °C) favorece su desarrollo, especialmente por el esquema de lluvias. El suelo fértil, profundo y con buen drenaje es el ideal para el cultivo, sin embargo, al ser suelos de orden ultisol los insumos agrícolas son vitales para la zona (Vignola, Watler, et al., 2018). Según datos del Instituto del Café de Costa Rica-ICAFFE (2019, 2021), se tiene una cantidad/tamaño (RS3, RU5) de 1304 ha con una producción para el periodo 2020 de 18255 fanegas con un promedio de producción (RS5) de 13.9 fanegas por hectárea, siendo un valor sumamente exiguo.

En correspondencia con el cultivo de piña, este se ubica en las comunidades de Navajuelar, Santa María y San Francisco, específicamente en las áreas con pendientes planas u onduladas, con un rango de elevación que va de los 550 msnm a los 800 msnm, lo cual es acorde a las recomendaciones para la producción del producto con elevaciones entre el nivel del mar y los 900 msnm, según el MAG (1991), requiere temperaturas entre 23 y 30 °C, por lo cual su distribución está enfocada en mayor parte a estas características. La piña es compatible con suelos de fertilidad baja a pesar de que es mejor una fertilidad media, sin embargo, en la zona los suelos ultisoles de baja fertilidad están sueltos, aireados y con buen drenaje lo cual ayuda a su desarrollo. El tamaño (RS3, RU5) del cultivo es de 748,28 hectáreas (Arguedas González et al., 2021), su promedio de producción (RS5) para la zona según el (Inder, 2016a), es de 69.23 Tm/ha.

Por su parte el crecimiento y reemplazo (RU2) de los cultivos de piña, café y caña de azúcar son de vital importancia en las dinámicas socioeconómicas dentro del distrito, debido a que en esos momentos específicos de su fase fenológica se da un incremento en aspectos del valor del recurso (RU4) como parte de la recolección o recambio de las plantaciones generando un aumento de trabajo, ingresos económicos y flujos migratorios. De igual forma tiene repercusión en el equilibrio (RS6) del paisaje y por ende en el tema ambiental, debido al incremento de arado de suelos, quema de cultivos especialmente la caña de azúcar y la piña, flujo de maquinaria para recolección y eliminación de desechos, a su vez, estos son hechos históricos (RS8) que a lo largo del tiempo han marcado procesos de deforestación especialmente con el desarrollo del café y la ganadería (Arauz Beita & Arias Navarro, 2016; Montoya & Espinoza, 2019) que otrora generaron procesos de cambio del uso de la tierra pasando de bosques a cultivos de café, caña y pastos primordialmente como bien señala el estudio de Miranda (1985), y que es mencionado por los productores entrevistados.

De manera más actual (año 2000 al presente) el arribo de los cultivos de piña y otros cultivos no tradicionales como los cítricos, las musáceas, el rambután -en asocio con las plantaciones de café van surgiendo en la zona como consecuencia de la caída paulatina que se ha dado de los cultivos tradicionales especialmente el cultivo de café (DNEA, 2020), siendo mencionado por las entidades y personas entrevistadas, a su vez corroborándose en documentos como el “Plan de Desarrollo Rural del Territorio Pérez Zeledón 2016-2021”, “Plan regional de desarrollo agropecuario y rural 2015-2018. Región Brunca” y “Actualización Área Cafetalera 2017-2018” (ICAFE, 2019a; Inder, 2016b; SEPSA, 2015).

Ahora bien, de los recursos agrícolas abordados, del cultivo de café se espera que tienda (RS7) a seguir disminuyendo en cuanto al área de siembra, especialmente en las comunidades asentadas en elevaciones inferiores a los 700 msnm donde el cultivo tiene una menor calidad y por ende su precio es inferior (Vignola, Watler, et al., 2018), sin embargo, de los productores entrevistados, hacen alusión que por cuestión de apego al cultivo se mantienen desarrollando la actividad a pesar de que no es del todo rentable, principalmente por la baja producción profundizada por las enfermedades -favorecidas por las condiciones climáticas de la zona-, altos precios de los insumos y bajos precios del producto (ICAFE, 2019a, 2019b). En cuanto al cultivo de piña y caña, mantienen una tendencia general en su emplazamiento en cuanto al distrito se refiere. Están marcados por las condiciones biofísicas enfocando su posicionamiento en las bajas pendientes y por ende su tendencia es reservada para poder expandirse debido a que las tierras aledañas no son óptimas para su desarrollo por tener pendientes más abruptas (Arguedas González et al., 2021; Chaves & Chavarría, 2012; MAG, 1991b; Vargas Bolaños et al., 2017, 2020).

En lo cuanto a la interacción con otras unidades (RU3), se evidencia la relación entre los recursos agrícolas con aquellos recursos naturales, tales como el agua principalmente con algunas de las microcuencas de la cuenca del Térraba, específicamente las subcuencas del río Peñas Blancas, río Cajón y río San Pedro, donde algunos productores utilizan el recurso hídrico para riego, un ejemplo específico en la zona es la transnacional Pineapple Development Corporation-Del Monte, en adelante PINDECO, la cual posee reservorios de agua para regar los campos en la época seca, a su vez existe un proyecto de riego en San Pedro de unas 85 ha total para riego, en beneficio de unos 27 usuarios, tomando un caudal de 90 litros por segundo del río en mención (DNEA, 2020), por su parte de las entidades encuestadas un 42.9% no identificaron alguna relación entre recursos (RU3), mientras que el restante 57.1% mencionaron relaciones tales como agroturismo, tomas de agua para riego de los cultivos, para aplicación de fitosanitarios, para el transporte y lavado del mucilago o miel. Ahora bien, los bosques secundarios, bosques de galería, tacotales son importantes para los cultivos debido a que son una forma natural de controlar plagas y generan un beneficio plausible en la salud tanto de los cultivos como del ecosistema de la zona, pues estos bosques riparios y tacotales en su mayoría están orientados por la estructura geomorfológica de los abanicos aluviales, son medios de conexión con las áreas protegidas circundantes, lo cual incluye al corredor biológico Alexander Skutch (COBAS),

el cual funge como conector altitudinal de flora y fauna (Montoya & Espinoza, 2019; Sistema Nacional de Áreas de Conservación-SINAC, 2018).

Entorno social, político y económico en el área de estudio y su relación con el paisaje agrícola: Sistema de gobernanza (GS), actores (A), situaciones de acción (I) y escenario social, económico y político (S)

El desarrollo socioeconómico primordial del distrito de Cajón al igual que su entorno político-administrativo y el cantón en general, está relacionado con actividades agrícolas y sistemas de producción alimentaria, cuyos principales productos son la piña, café, caña de azúcar y en menor grado los granos básicos, cultivos no tradicionales (mencionados anteriormente) y la ganadería que impulsan la economía, el entorno social y laboral. Como segunda actividad en importancia para el cantón Pezeteño se encuentra la administración pública, seguida por la rama del comercio y la reparación; actividades presentes dentro del distrito debido a la dinámica existente de las personas que se desplazan a trabajar al centro de San Isidro y zonas aledañas, por ultimo está el transporte, las comunicaciones, la construcción y las actividades inmobiliarias y empresariales, que de igual forma están relacionadas con la movilización poblacional del distrito (Vargas Bolaños et al., 2017, pág. 10).

A continuación, se presenta una lista de organizaciones trascendentales en cuanto a su influencia dentro del distrito, las misma son de índole gubernamental (GS1) como no gubernamental (GS2), a su vez son actores (A1) importantes en el desarrollo socioeconómico, político y ambiental de la zona en cuestión, y por ende en la configuración actual del paisaje. De igual forma se mencionan otras entidades con un alcance más limitado dentro del área de estudio, que a su vez poseen un tejido organizacional (GS3) con estas instituciones más relevantes.

Cuadro 2. 1. Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales relevantes como actores del sector agrícola dentro del distrito Cajón.

Tipo de institución	Nombre de institución	Alcance en el sector agrícola
Empresa transnacional	PINDECO	La compañía PINDECO, subsidiaria de Fresh Del Monte inició operaciones en 1978 en Buenos Aires, Puntarenas. Se dedica a la producción de piña, es uno de los actores más relevantes en cuanto a la configuración paisajística del lugar (Cajón), como en la

		<p>dinámica socioeconómica y ambiental. De acuerdo a Gutiérrez & Rica (2001), para atender 1 ha de cultivo se necesita un peón de mano de obra; por tanto, para el distrito se tiene un número mínimo de 749 empleados, lo cual concuerda con datos suministrados por Acuña González (2004) donde el total de empleados para la empresa era de 2000 permanentes y 2500 indirectos.</p> <p>Fuente: Citas bibliográficas y entrevistas realizadas a productores y entidades.</p>
Cooperativa	CoopeAgri R.L.	<p>Empresa de economía social solidaria fundada en 1962 en San Isidro de P.Z. Actor sumamente importante dentro y fuera del distrito en el ámbito agrícola; dedicada al cultivo de caña de azúcar y café tanto en su producción, procesamiento y comercialización nacional e internacional. Además, provee de insumos, capacitaciones, recolección y compra de cosechas y otros beneficios a los productores del distrito y empresas mediante su red organizacional (GS3), en sí posee 6427 asociados activos. De la entrega total de café para P.Z la cooperativa recibió el 55% de las entregas, lo que deja en evidencia su importancia. De igual forma en el ámbito cañero, el ingenio El General Milton Fonseca para la zafra 2019-2020 recibió un total de 2312 entregas para un 43% del total de producción del país, incluyendo tanto a pequeños productores del distrito como la misma cooperativa.</p> <p>Fuente: (CoopeAgri R.L, 2020). Entrevistas realizadas a productores y entidades.</p>
Institución gubernamental	Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)	<p>Dicho ministerio tiene como misión el desarrollo agropecuario y rural en función del mejoramiento económico y social del país... Como tal es una entidad gubernamental que lleva a cabo proyectos de mejoramiento tecnológico y genético de los cultivos y sus procesos, lo cual no es excluyente del distrito Cajón, a su vez, el MAG se relaciona (GS3) con otras entidades del distrito, tales como CoopeAgri, CoopeCedral, las distintas cámaras, INDER, etc., para el desarrollo de proyectos conjuntos enfocados en el agro, jugando así un papel sumamente importante en el desarrollo agrícola, económico y social de la zona.</p> <p>Fuente: (Montero Solís, 2021). Entrevistas realizadas a productores y entidades.</p>
Institución gubernamental	Instituto de Desarrollo Rural (INDER)	<p>Desarrolla el sector rural costarricense en coordinación con instituciones públicas y privadas mediante relaciones organizacionales (GS3), dicha organización coordina proyectos</p>

		<p>con otras entidades en el área de estudio, ejemplo con cooperativas y empresas dedicadas al sector agrícola. El INDER tiene 2 asentamientos en Cajón que se encuentran bajo la administración del INDER Ley No. 9036 (GS7):</p> <p>1- Alcoa 6 con 936 Ha fundada en 1977 y 2- El Marañón con 145 Ha establecida en 1993.</p> <p>Fuente: (Inder, 2016a). Entrevistas realizadas a productores y entidades.</p>
Cámara	Cámara de Cañeros PZ.	<p>La cámara de cañeros se funda en 1975 como una Asociación Cámara de Productores de Caña de la Zona Sur con la finalidad de mejorar las condiciones de producción, conocimiento técnico, transferencia tecnológica (A9, S7) ... del cultivo de caña para la región. Actualmente es un ente de vital importancia para el mejoramiento y mantenimiento de la producción azucarera mediante la ayuda a sus asociados, además de proveer insumos y facilidades para llevar a cabo actividades agrícolas a través del almacén de Insumos de la Asociación, impulsando de esta manera el desarrollo agrario, económico y social del Cantón Pezeteño como de sus distritos.</p> <p>Fuente: (Cámara Productores de Caña Zona Sur, 2022). Entrevistas realizadas a productores y entidades.</p>
Institución pública de carácter no estatal	Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE).	<p>En 1998 se crea la oficina regional en Pérez Zeledón, esta oficina atiende la totalidad del cantón de Pérez Zeledón y las comunidades cafetaleras del cantón de Buenos Aires. La misma busca fomentar la actividad cafetalera garantizando la calidad y sostenibilidad del Café mediante la participación inclusiva a través de transferencia tecnológica (A9, S7) y servicios eficientes y oportunos al Sector Cafetalero de la Región.</p> <p>A su vez, entre los beneficios que brinda en la zona está el apoyo a la producción, proceso, exportación y comercialización del café, promueve el consumo nacional e internacional, investiga y desarrolla tecnología agrícola e industrial, acuerda precios mínimos justos que debe pagar el Beneficio de café al productor; siendo labores de suma importancia para la permanencia del desarrollo del café dentro del distrito.</p> <p>Fuente: (ICAFE, 2019c). Entrevistas realizadas a productores y entidades.</p>
Cooperativa	CoopeCedral R.L.	<p>Entidad establecida en la comunidad de Cedral la cual en 2014 - Asociación de Productores de Cedral (ASOPROCE) - cambia su</p>

		<p>inversión a cooperativa, actualmente cuenta con 50 beneficiados entre productores de café y asociados que colaboran con los programas turísticos relacionados al procesamiento del café, a su vez, mantienen relación con otras empresas presentes, principalmente en el área turística siendo el Hotel Altagracia un punto alto en cuanto al desarrollo turístico, pues entabla un convenio de visita de los turistas del hotel para enseñar el procesamiento del café. A su vez, la cooperativa tiene una estrecha relación con el Instituto Nacional de Fomento Cooperativo (INFOCOOP), que le ha brindado financiamiento, acompañamiento de promoción cooperativa, de educación y capacitación. De igual forma posee el apoyo del Consejo Nacional de Producción (CNP) con el cual se introducen en el Programa de Abastecimiento Institucional (PAI).</p> <p>Fuente: (Guzmán Sandí, 2016). Entrevistas realizadas a productores y entidades.</p>
--	--	--

Fuente: Elaboración propia

En tanto, es importante acotar que estas entidades anteriormente mencionadas (cuadro 2.3) mantienen en mayor parte de los casos comunicación (GS3, I2) con pequeños y medianos productores mediante diversos programas de capacitación para el mejoramiento del sistema agrícola, igualmente comparten conocimientos e insumos en el desarrollo de tecnología (A9, S7) para el control de plagas, mejoras genéticas de cultivos, métodos de procesamiento y extracción de los productos (Cámara Productores de Caña Zona Sur, 2022; Guzmán Sandí, 2016; ICAFE, 2019c).

Ahora bien, en términos de políticas (S4), reglas constitucionales (GS7), de monitoreo y sanción que influyen en el manejo y función del recurso agrícola dentro del distrito (GS8), se describen a continuación de forma breve, ya que estas fueron mencionadas en el capítulo inicial. En principio se debe hacer hincapié que actualmente Pérez Zeledón solo cuenta con un **Plan Regulador Parcial para San Isidro**, dejando los demás distritos del Cantón desvinculados del ordenamiento territorial que conlleva un Plan Regulador Cantonal (PRC), específicamente a la política de desarrollo local que contribuye en factores tales como la distribución de la población, vías de circulación, servicios públicos, facilidades comunales, construcción, conservación, rehabilitación y los distintos usos de la tierra que son regulados por los PRC, es decir la distribución del sector agrícola no está dado por una política local que controle los aspectos técnicos de la funcionalidad de los terrenos, para

garantizar su uso adecuado, la seguridad ciudadana, la conservación del suelo y la conservación del medio ambiente y sus recursos, sin embargo actualmente están trabajando la municipalidad de Pérez Zeledón junto con el INVU para implementar un plan regulador para el cantón (MIVAH, 2021).

Por su parte, la política de mayor alcance para el manejo del recurso agrícola costarricense es la **ley 7779 Uso, Manejo y Conservación de Suelos**, la cual busca según su artículo primero “*proteger, conservar y mejorar los suelos en gestión integrada y sostenible con los demás recursos naturales, mediante el fomento y la planificación ambiental adecuada*”, sin embargo en el distrito Cajón y aledaños la falta de planificación adecuada en el sector agro ha llevado a la degradación de áreas de recarga acuífera en las subcuencas mencionadas, la erosión de suelos son tendencia en los procesos de mecanización de suelos en especial en los cultivos de caña de azúcar y piña ayudando a la sedimentación de ríos, arrastre de material químico y por ende afectación a lo largo de la cuenca del Térraba hasta los ecosistemas costeros (Bertsch, 2006; Ley N° 7779 Uso, Manejo y Conservación de Suelos. Procuraduría General de La República-PGR; 30 de Abril de 1998, 1998; Sáenz Segura & Chaves Moreira, 2013). Lo anterior mencionado también se evidencia en los hallazgos de las entrevistas, donde las entidades que fueron encuestadas (un total de 5 de ellas hicieron ver que había problemas ambientales); asocian la erosión del suelo y la degradación de su calidad como problemas ambientales existentes dentro del distrito y el cantón, evidenciado en la figura 2.1.

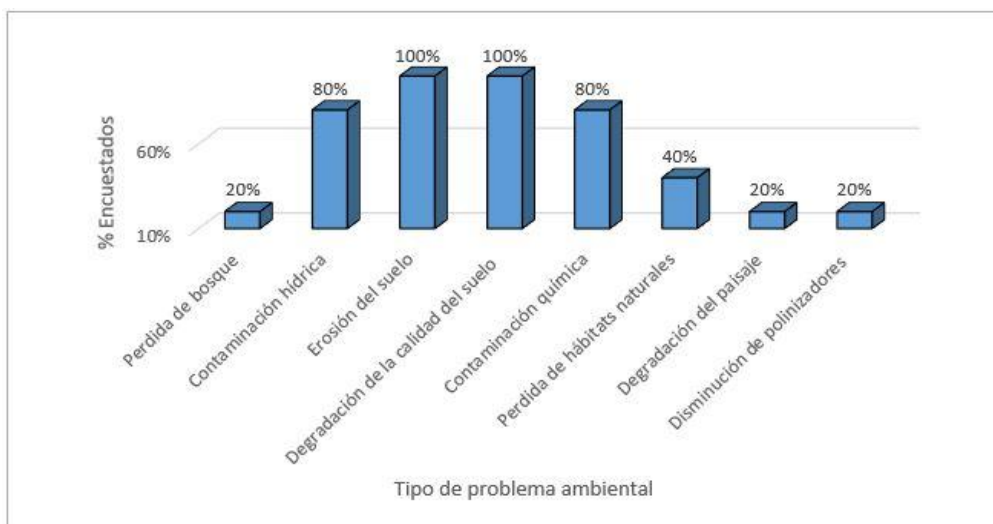


Figura 2. 1. Afectaciones ambientales en el distrito de Cajón según entidades entrevistadas.

Fuente. Elaboración propia a partir de las encuestas y entrevistas realizadas.

Como se logra observar en el gráfico anterior, de las cinco entidades que logran identificar problemáticas ambientales (O2) en el área de estudio, todas coinciden en la problemática sobre conservación del recurso suelo. De igual forma, de los cuatro productores locales entrevistados, argumentan que no llevan a cabo prácticas determinadas para la conservación del suelo y que no recuerdan que en capacitaciones impartidas les hayan explicado o que les brindaran ayuda para desarrollar prácticas para conservación de suelos.

Ahora, en el tema socioeconómico (A2, O1, S1) (abordado generalmente en el capítulo 1) entorno al sector agrícola en el área de estudio, el sector es una de las principales fuentes económicas (A8) y de empleo del distrito, donde los cultivos de caña de azúcar, café y piña son de los que más generan recursos y dinamización en cuanto a acceso a los mercados (S5) nacionales como internacionales. Ejemplo de ello, entre los actores expuestos en el cuadro 2.3, en el caso de CoopeAgri R.L cerró el año 2020 con ingresos totales de ¢63,862 millones, dicha cifra representa un 3% menos que los ingresos del periodo 2019, la disminución en los ingresos se dio principalmente en las ventas de los negocios comerciales, cuyo decrecimiento fue del 6%, mientras que en la actividad cañera se redujo un 8%, y el sector cafetalero un 10% respecto al periodo anterior, a pesar de que la empresa hace alusión en su informe que muchos de estos sectores lograron contener los problemas socioeconómicos asociados a la pandemia de Covid-19, el mismo repercutió en la economía de la cooperativa como de igual forma en las empresas generaleñas y los productores (CoopeAgri R.L, 2020; Flores Solís et al., 2021).

En cuanto al sector cafetalero y cañero la cooperativa genera un mejoramiento económico y social en la zona debido a los múltiples beneficios que reciben productores asociados, colaboradores y la comunidad en general, debido al comercio justo el cual generó para el sector cafetalero un monto de ¢78 471 849 y para el sector cañero de ¢114 425 598, para un total de ¢192 897 447 (CoopeAgri R.L, 2020). Por su parte el Instituto del Café de Costa Rica-ICAFFE (2021), data para el periodo 2019-2020 un total de 205 mil fanegas para el cantón, de las cuales 20 mil fueron producidas en el distrito de Cajón, ahora de este total producido, 82.8% fueron exportadas mientras que el 17.2% restante fue para consumo nacional. En tanto CoopeCedral R.L actualmente logra gracias al equipo tecnológico suministrado por el INDER procesar unas 2500 fanegas de café, de las cuales entre el 80%

y 90% son exportadas a Inglaterra, el restante se consume a nivel local (Guzmán Sandí, 2016; Presidencia de la República de Costa Rica, 2020).

En cuanto al sector piñero liderado por la subsidiaria de Del Monte - PINDECO - domina las exportaciones que realiza Costa Rica a los mercados estadounidense y a la mayoría de países Europeos con excepción de Francia (Contreras Solera & Díaz Porras, 2017). Sin embargo, a nivel cantonal es difícil conseguir datos de producción tanto general como por hectárea de cantidad de piña, de igual manera la cantidad de ingresos generados por este producto para la zona. En páginas tales como CANAPEP y PROCOMER no se logra conseguir dicha información puntual, además de las empresas contactadas para encuestar no se logró obtener respuesta por parte de Del Monte, evidenciando así un sector piñero que se muestra renuente a otorgar información específica de sus operaciones. No obstante, según datos generales en 2019 a nivel nacional el sector piñero generó ingresos por más de \$930 millones, ya para 2020 mostró una disminución con \$889 millones, lo cual se puede considerar una consecuencia de la pandemia del Covid-19 (Contreras Solera & Díaz Porras, 2017; Flores Solís et al., 2021; León Alfaro et al., 2022).

Por último, el conocimiento (A7) presentado por los productores del sector como las entidades encuestadas sobre las condiciones que presenta el recurso agrícola, es considerable, ya que entienden el estado actual de dicho sector, las condiciones que imperan, los alcances que tiene en la zona, y las distintas problemáticas que aquejan el recurso. Aun así, a pesar de que son conscientes y especialmente los productores, sobre los problemas del recurso agrícola, hacen alusión que ciertas prácticas inherentes de la actividad no pueden ser evitadas a pesar de causar ciertos impactos, en especial en el tema de conservación ambiental, entre ellas están la quema de cañales que suelen generar grandes concentraciones de humo en la atmosfera, el arado vertical en suelos de pendientes pronunciadas, debido a que la maquinaria no se puede ubicar en otra posición ya que puede volcarse, el uso de insumos químicos, entre otros (Acuña et al., 2017).

Este conocimiento y comprensión sobre el recurso agrícola ha permitido desarrollar una comunicación activa (I3, I8) entre productores y entidades del sector mediante distintos procesos, que a su vez está relación (I8) les permite a los productores acceder a beneficios (capacitación técnica, insumos, mejores precios, etc.) que conlleva un compromiso para ser evaluados (I10) en sus funciones mediante supervisión de calidad del producto,

compatibilidad ambiental, uso racional de insumos... Ahora bien, en el caso de los productores los mismos utilizan medios de comunicación informales (figura 2.2) como grupos de WhatsApp para enviarse información (15, 17) para tratar temas comerciales, mejoras de productos, problemáticas diversas del sector agro, entre otros (Guzmán Sandí, 2016; Instituto del Café de Costa Rica-ICAFFE, 2019b; CoopeAgri R.L, 2020; Montero Solís, 2021).

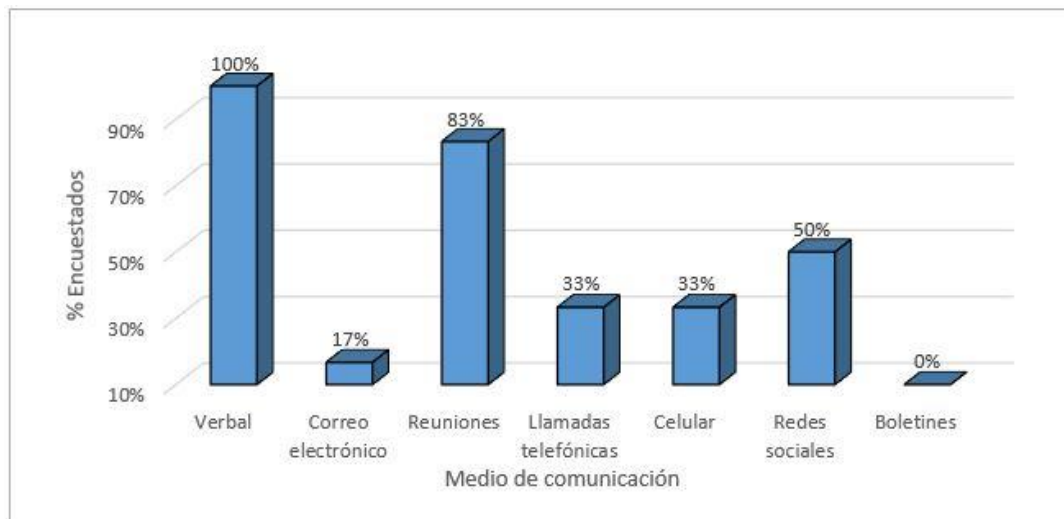


Figura 2. 2. Medios de comunicación utilizado por productores para tratar temas agrícolas. Fuente. Elaboración propia a partir de las encuestas y entrevistas realizadas.

Relación ambiental con el paisaje agrícola del distrito Cajón. Criterio de resultados (O) y ecosistemas relacionados (ECO)

En lo que respecta al tema ambiental (O2) en el distrito de Cajón, se puede deducir a partir del trabajo de Acuña et al. (2017), que se mantiene en un estado aceptable respecto al equilibrio ecológico dentro del área de estudio, principalmente en áreas boscosas, ya que se cuenta con un importante potencial ecológico gracias a las condiciones de refugio, alimentación y diversidad genética, las cuales contribuyen con la interacción para la flora y fauna existente. Sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, en el ámbito agrícola se desarrollan prácticas de manejo del recurso que son adversas para la conservación ambiental, además hay prácticas poblacionales que también tienen un impacto considerable en el ambiente, tales como: quema de cañales, quema y entierro de basura, tala de árboles, caza ilegal de especies animales para la comercialización de carnes exóticas reduciendo así considerablemente las poblaciones de fauna, contaminación del

suelo y del recurso hídrico por uso de agroquímicos y fertilizantes, contaminación por chancheras ya que mayoría desaguan los residuos hacia acequias, quebradas y ríos, aumento de las áreas construidas especialmente en la cabecera distrital -El Carmen- (Cabrera & Zuaznábar, 2010; Acuña et al., 2017; León Alfaro et al., 2022).

Un problema que percibe la población de la zona se asocia al cambio en el uso de la tierra, debido a procesos antrópicos por el aumento de las construcciones residenciales, la expansión en su momento del cultivo de piña cuando se instaló en la zona, y el cambio del cultivo de café a pastos ya que como mencionan los productores entrevistados los campos de café son un cultivo amigable con el ambiente, pues suelen servir de conectores de vida silvestre entre áreas boscosas y el recurso agrícola de esta manera se evita los problemas que genera la fragmentación boscosa, no obstante su reducción ha tenido un impacto negativo en el movimiento de especies entre áreas de conservación como bien apunta Acuña et al. (2017), a pesar de ello la existencia de las áreas protegidas y los corredores biológicos con especial énfasis en el COBAS han colaborado a mitigar el proceso de fragmentación siendo conectores altitudinales de flora y fauna, a su vez, protegen el recurso hídrico importante para la biodiversidad, las personas y las actividades agropecuarias que se dan a lo largo del corredor biológico (Sistema Nacional de Áreas de Conservación-SINAC, 2018).

Un aspecto importante a tomar en cuenta actualmente y a futuro, son los patrones climáticos (ECO1) que se proyectan para la región, ya que estos influyen directa e indirectamente en el comportamiento del desarrollo agrícola y por tanto en el futuro de la configuración paisajística del distrito. Según proyecciones climáticas a futuro el cantón Pezeteño será impactado por sequías y altas temperaturas tanto diurnas como nocturnas durante los períodos de sequía poniendo en riesgo el desarrollo agrario, además de afectar directamente a las poblaciones más desfavorecidas y grupos de adultos mayores (Retana & Solano, 2012), igualmente según productores entrevistados, en los últimos años en periodo de época seca se ha notado como algunos riachuelos y quebradas han tendido a secarse completamente lo cual anteriormente no sucedía.

Según datos de Castro Salazar et al. (2022), de los eventos que han causado más daños económicos declarados como emergencia nacional desde el periodo 1988-2018 están los eventos hidrometeorológicos extremos secos y lluviosos, donde el sector agropecuario ha

sido uno de los más impactados, seguido del sector forestal que ha sufrido considerables pérdidas. Datos más puntuales sobre algunos escenarios posibles arrojan que para el año 2070 habrá menores precipitaciones que en la actualidad, esto para mayor parte del Valle de El General exceptuando la Fila Costeña donde se muestra un incremento en las precipitaciones, a pesar de ello, la intensidad de la precipitación máxima en época lluviosa será mayor a 100mm/h. Ahora en un escenario más próximo (año 2040) se proyecta una variación de la temperatura promedio diaria de -0,27%, que podría incrementarse hasta 0,52% en ciertas partes del cantón, poniendo en riesgo la productividad y competitividad para la comercialización de bienes y servicios agropecuarios y agroindustriales, debido a impactos ocasionados por aumento en la temperatura y variación en las precipitaciones (Castro Salazar et al., 2022).

Capítulo 3. Cambios espacio-temporales en el distrito de Cajón, período 1997-2021

Introducción

En un mundo cada vez más globalizado, es importante registrar y analizar los cambios que acontecen a nivel espacial y temporal en las sociedades mundiales y en el medio ambiente. El paisaje como tal se ve afectado por dinámicas globales (presión demográfica, expansión urbana, de mercado, producción de alimentos, deforestación...), por lo que tiende a cambiar más constante y más rápidamente, siendo los sectores económicos en mayor parte responsables de estos cambios y de cómo acontecen (Lambin & Geist, 2006). De igual forma, estos entornos rurales suelen variar su configuración debido a cambios en los usos de la tierra provocados por las interacciones globales. En tanto, en los paisajes rurales el sector agropecuario modifica considerablemente estos espacios con consecuencias diversas a múltiples escalas en aspectos económicos, sociales, políticos y ambientales, a su vez estos lugares tienen conexiones teleacopladas por las dinámicas mencionadas (Lambin & Geist, 2006; McCord et al., 2018).

El uso de la teledetección es realmente importante para mapear, cuantificar y determinar los cambios sucedidos en los paisajes rurales, siendo una herramienta de gran utilidad para llevar a cabo estudios de series de tiempo que logran contrastar la variabilidad espacio-temporal en zonas rurales como el caso del distrito Cajón. Este estudio se desarrolla con imágenes satelitales que están dentro del rango óptico del espectro electromagnético que

suele ser afectado por el contenido de nubosidad, sin embargo, al ser un estudio con una escala temporal de larga data, fue posible encontrar imágenes aptas para el desarrollo de la clasificación supervisada (Fernández & Herrero, 2001; USGS, 2021).

El área de Cajón se estudió espacial y temporalmente mediante los cambios paisajísticos con el uso de imágenes ópticas e índices de cobertura. Se usaron datos del sensor Landsat 5 y 8 que son gestionados por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio NASA por sus siglas en inglés, en tanto que la producción y comercialización de las imágenes depende del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS siglas en inglés). Los sensores Landsat proveen datos desde 1972 con su primer lanzamiento y hasta la actualidad con la misión Landsat 9, además misiones como Landsat 7 y 8 todavía levantan información. Debido a esta gran densidad de datos espacio-temporales se tiene un alto potencial para monitorear, estudiar y evaluar sistemáticamente condiciones de cambio en distintas coberturas terrestres (Mutanga & Kumar, 2019; GEE, 2020). Se utilizó la metodología de detección de cambios con una clasificación supervisada mediante un modelo de RF ejecutado en GEE para determinar los cambios acontecidos en los periodos de tiempo establecidos en la investigación, de igual forma se aplicó para fortalecer el modelo, el uso de distintos índices de vegetación que se pudieran aplicar para ambas fechas de acuerdo a las bandas disponibles de Landsat 5. También se aplicó una clasificación no supervisada que colaborara con las áreas de entrenamiento para el desarrollo del modelo y por ende de sus resultados, finalmente para su validación se utilizó fotointerpretación de imágenes del proyecto Terra de 1998, como de imágenes del sensor PlanetScope para 2021, además de se escogieron algunos sitios de la malla de puntos aleatorios para levantar imágenes de RPAS (DJI Mini SE) para comparar con los resultados.

Resultados y discusión

En el presente apartado se aborda los resultados obtenidos de la clasificación de coberturas en el distrito de Cajón para los años 1997 y 2021, determinando así los cambios acontecidos entre ambos periodos con la finalidad de analizar dichos cambios y su relación con aspectos biofísicos y socioeconómicos que condicionan la evolución del paisaje en cuestión. Es importante mencionar que estos cambios están vinculados a aspectos comerciales, políticas económicas, inversiones de capital, flujos comerciales, y en general al modelo económico global (Diniz et al., 2018). Sin embargo, también está relacionado a las características biofísicas de la zona y sus condiciones medioambientales, es decir estos

cambios están sumamente relacionados al capítulo anterior de los Sistemas Socio-Ecológicos.

Cartografía, cuadros y gráficos de la distribución de coberturas para Cajón en los años 1997 y 2021

Históricamente la zona sur del pacífico costarricense ha contado con gran riqueza natural y un desarrollo agrario como fuente de progreso para la región, en tanto el distrito de Cajón es un área político-administrativa mayormente rural, con una incidencia de un pequeño entorno urbano en la cabecera distrital del Carmen que ha venido expandiéndose en los últimos años, sin embargo, no es un proceso de cambio significativo. En tanto, el distrito ha estado marcado por cultivos tradicionales de gran importancia en el sector agrícola tanto en el área de estudio como a nivel nacional, tales como la caña de azúcar y el café, por otra parte la existencia de grandes extensiones de bosque se asocia a la existencia de áreas silvestres protegidas, como es el PNC que asegura la protección de la flora y la fauna (Acuña et al., 2017), igualmente en la zona ha predominado los pastos para el desarrollo pecuario, siendo estas coberturas antes mencionadas las que tienen mayor presencia y que configuran el paisaje del distrito.

En principio como se muestra en la figura 3.1, la cobertura para 1997 con mayor extensión es el bosque, con un porcentaje de un 39,4% del total del área, representado 4752,4 ha, principalmente se distribuye hacia la zona norte donde limita con el PNC, así mismo la cobertura de bosque tiende a relacionarse con áreas de pendiente que va desde fuertemente ondulada hasta montañosa, son zonas donde no se puede desarrollar actividades productivas, en sí la pendiente condiciona en gran medida el establecimiento de los cultivos, como hacen alusión las investigaciones de (Arguedas González et al., 2021; Chaves & Chavarría, 2012; MAG, 1991b; Vargas Bolaños et al., 2017, 2020), igualmente es la tendencia para los demás cultivos, así mismo la condición geomorfológica configura la orientación de las coberturas analizadas. Importante decir que en algunas áreas de pendiente ondulada hay algunos parches de bosque y a lo largo de áreas riparias.

En el caso del cultivo de café, es una cobertura que tiene presencia en casi todo el territorio estudiado, ya que por sus características tiene facilidad para desarrollarse en diferentes pendientes y suelos, además que posee gran capacidad de adaptación climática, como menciona el ICAFE (2011). La calidad de este cultivo mejora a elevaciones mayores de los

900 msnm y los 1700 msnm, sin embargo, suele encontrarse hasta elevaciones de 500 msnm con una producción rentable. Este cultivo para los años 80 y 90 representaba la actividad con mayor importancia en las actividades productivas de la zona y del distrito en cuestión, según se deduce de la investigación de Miranda (1985) y de la clasificación de coberturas para el año de 1997 que se muestra en la figura 3.1, evidenciando una distribución de 3481,4 ha que representa un 29,2% del total del área del distrito.

En el caso del cultivo de caña para este periodo (1997), se tiene una distribución mayormente marcada en zonas con pendientes planas y ligeramente onduladas, pues dicho cultivo por sus características suele ubicarse en áreas con poca pendiente, siendo el principal factor que limita su distribución en el área de estudio, ya que en cuanto a factores climáticos y de suelos, tiene un rango amplio para poder desarrollarse según estudios del MAG (1991b), en tanto, para el año estudiado presentó un total de 664,8 ha, lo cual representa un 5,5% del área total, siendo para este periodo un porcentaje bajo. Para el caso de la distribución de pastos para dicho año, es la tercera cobertura con mayor porcentaje (19,2%) de presencia en el distrito, además presenta una distribución amplia a lo largo del territorio, con excepción del área montañosa norte del PNC, en total representa un poco más de 2295 ha.

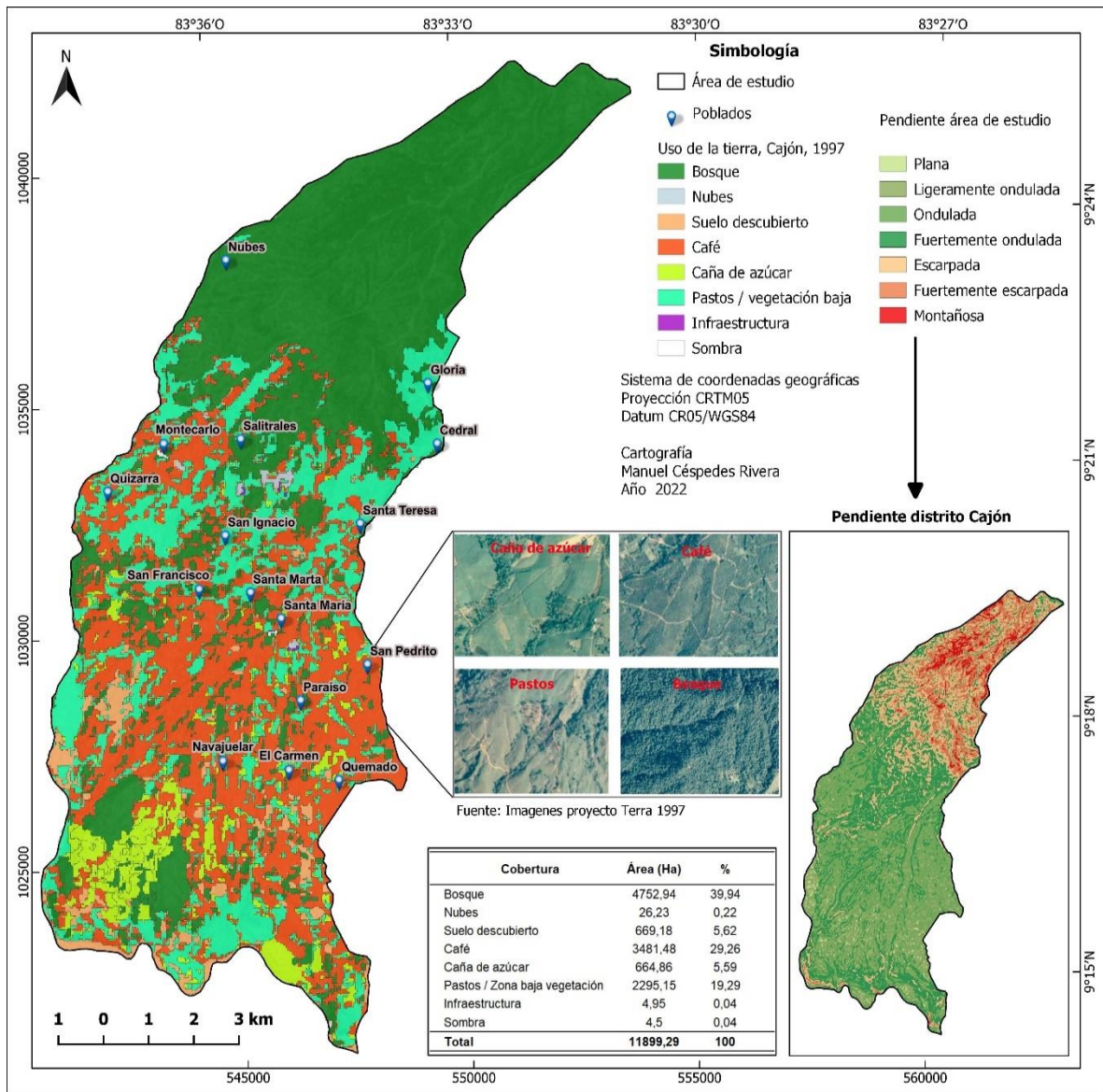


Figura 3. 1. Mapa de usos de la tierra en el distrito de Cajón para el año 1997.

Fuente. Elaboración propia.

De las demás coberturas que se trabajaron en la clasificación de 1997, se tiene varias zonas con suelo descubierto con un porcentaje de 5,6% del área total del distrito, de igual forma el modelo de RF identificó un bajo porcentaje de infraestructura. Por último, al tener la imagen con un bajo porcentaje de nubosidad, se debió tomar en cuenta como una cobertura, tanto las nubes como la sombra, por lo que se procedió su inclusión en la clasificación como se observa en la cartografía.

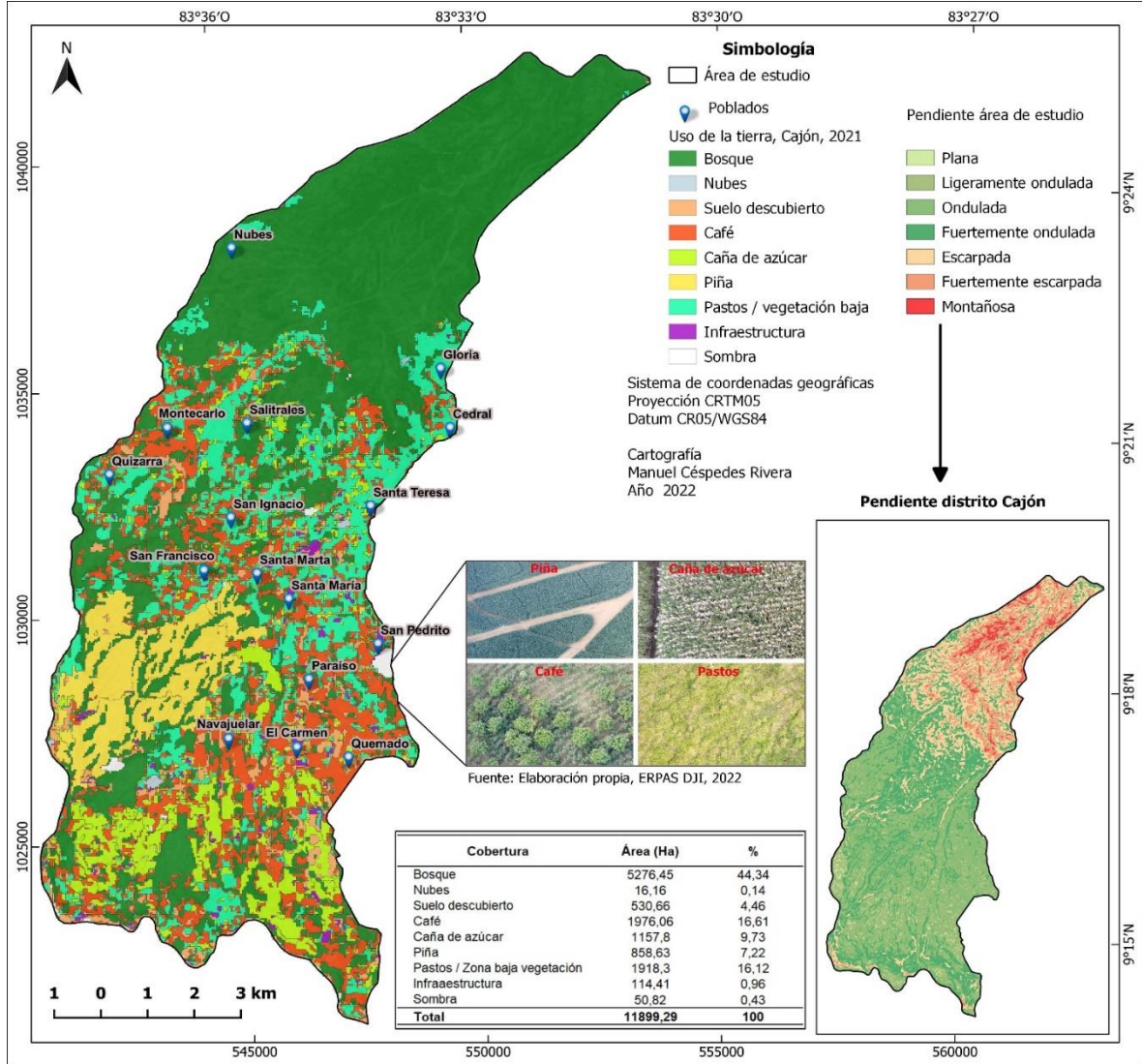


Figura 3. 2. Mapa de usos de la tierra en el distrito de Cajón para el año 2021.

Fuente. Elaboración propia.

Mediante la clasificación de coberturas de 2021 que se observa en la figura 3.2, se procedió a hacer un análisis sobre los cambios de cobertura con respecto a 1997. Inicialmente en el sector oeste entre las comunidades de San Francisco y Navajuelar se dio un cambio de cobertura, pasando de café a piña, lo cual se asocia a una caída paulatina de los precios del café, incremento del cultivo en otros países generando mayor oferta en los mercados, disminución de precios, aumento en los precios de los insumos y problemas asociados a enfermedades en el cultivo (Guido Cruz & Castro Sánchez, 2007; McCook, 2009). además del cambio que se ha venido dando en el sector agropecuario con la incursión de cultivos

no tradicionales, igualmente la llegada de inversiones de capital transnacional como en el caso de la empresa de PINDECO con el producto de piña, por lo que el cultivo de café ha perdido su importancia económica y su hegemonía dentro del distrito. Esto se pone en evidencia mediante la comparación entre ambos años, pues se ve como el café para 2021 tuvo una disminución significativa de 1505.42 ha en comparación con 1997, siendo una reducción del 43.2% de cobertura como se puede apreciar en la figura 3.6, a su vez la piña abarcó un 7.2% del área distrital con 858,6 ha y que ha generado un importante movimiento socioeconómico en la población de la zona.

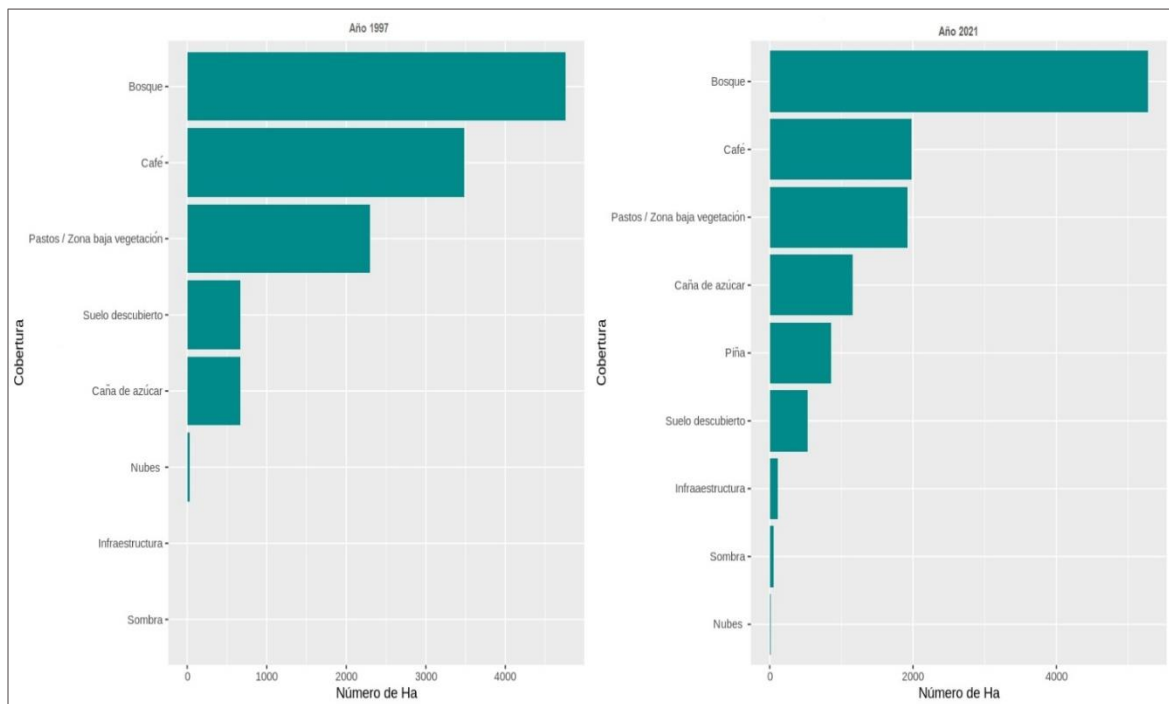


Figura 3. 3. Gráficos de usos de la tierra en el distrito de Cajón para el año 1997 y 2021.

Fuente. Elaboración propia a partir de lenguaje de programación R en Google Colaboratory.

Por su parte, el cultivo de caña es un producto que está presente principalmente en la sección media y sur del distrito como se observa en las figuras 3.1 y 3.2, a su vez se puede ver como algunas secciones en la parte sureste cambiaron su uso de pastos a caña de azúcar teniendo un incremento este cultivo respecto a 1997, pues pasó de 5,5% a un 9,7% del total de las coberturas en el área, es decir, el cultivo de pastos presentó una disminución de 19,2% a un 16,1%, teniendo una pérdida de 376,8 ha. Por último, para ambas clasificaciones se tienen áreas de suelo descubierto que usualmente es por recambio de

cultivos, o cultivos estacionales que suelen presentar labranza, en sí no hay una diferencia marcada del porcentaje de esta cobertura entre ambos años, para 1970 se identificó que 5,6% del total de terreno era suelo descubierto, mientras que para 2021, se obtuvo un porcentaje de 4,4%, siendo 669,1 ha y 530,6 ha respectivamente para cada uno de los periodos estudiados.

Validación de las clasificaciones supervisadas para los años de 1997 y 2021

Para la evaluar la precisión de las clasificaciones se realizó una matriz de confusión con la cual se obtuvo los siguientes parámetros. Para 1997 la precisión global del modelo RF fue de 91,13%, en cuanto a 2021 la precisión global fue de 96,06%, siendo ambos resultados satisfactorios en cuanto a la clasificación de los sitios de referencia a nivel general. En tanto la precisión del usuario y del productor se muestran en los cuadros 3.1 y 3.2 para ambos años y coberturas.

Cuadro 3. 1. Matriz de confusión clasificación supervisada en el distrito de Cajón para el año 1997.

		1997									
		Clase de referencia									
		Bosque	Nubes	Suelo descubierto	Café	Caña	Pastos	Infraestructura	Sombra	Total	Precisión del usuario (%)
Datos clasificación	Bosque	245	0	0	9	0	0	0	1	255	0,00
	Nubes	0	8	0	0	0	0	2	0	10	0,00
	Suelo descubierto	0	0	46	0	0	1	0	0	47	97,87
	Café	17	0	0	67	0	3	0	0	87	77,01
	Caña	0	0	0	5	33	10	0	0	48	68,75
	Pastos	0	0	0	1	1	111	0	0	113	98,23
	Infraestructura	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0,00
	Sombra	0	0	0	0	0	0	0	13	13	0,00
	Total	262	8	47	82	34	125	3	14	575	
	Precisión del productor	0,0	0,0	97,9	81,7	97,1	88,8	0,0	0,0		Precisión global: 91,13

Fuente. Elaboración propia.

De las coberturas con mayor relevancia en el estudio, se tiene que en el caso de la cobertura de café como se evidencia en el cuadro 3.1 la precisión del productor fue de 81,7% dando un error de omisión bajo y en el caso de la precisión del usuario fue de 77,01% siendo el error de comisión un tanto más alto. Para el caso de la cobertura de caña de azúcar la precisión del productor (97,1%) fue alta dando como resultado un error de omisión bajo, sin embargo, la precisión del usuario marco un porcentaje de 68,75% presentando un error de comisión alto, esto debido a que se confundió con el cultivo de pastos incrementando el porcentaje de error en la clasificación de la cobertura, a su vez, el cultivo

de pastos presentó errores de omisión y comisión bajos (François Mas et al., 2012; Chuvieco, 2016).

Cuadro 3. 2. Matriz de confusión clasificación supervisada en el distrito de Cajón para el año 2021.

		2021										
		Clase de referencia										
		Bosque	Nubes	Suelo descubierto	Café	Caña	Piña	Pastos	Infraestructura	Sombra	Total	Precisión del usuario (%)
Datos clasificación	Bosque	355	0	0	5	0	0	0	0	0	360	98,61
	Nubes	0	31	0	0	0	0	0	0	0	31	0,00
	Suelo descubierto	0	0	101	0	0	0	0	0	0	101	100,00
	Café	7	0	0	43	0	4	1	0	0	55	78,18
	Caña	1	0	0	0	56	1	3	0	0	61	91,80
	Piña	0	0	0	2	0	100	0	0	0	102	98,04
	Pastos	0	0	0	2	2	0	60	0	0	64	93,75
	Infraestructura	0	0	4	1	0	0	0	3	0	8	0,00
	Sombra	0	0	0	0	0	0	0	0	55	55	0,00
	Total	363	31	105	53	58	105	64	3	55	837	96,06
Precisión del productor	97,80	0,00	96,19	81,13	96,55	95,24	93,75	0	0	Precisión global:	96,06	

Fuente. Elaboración propia.

Ahora bien, en el cuadro 3.2 el cultivo de café presenta una precisión del productor de 81,13% lo cual nos indica un error de omisión bajo, es decir se catalogaron correctamente, no obstante, la producción del usuario fue de 78,18% es decir los errores de comisión son más elevados, lo que indica áreas de cobertura clasificadas incorrectamente, en mayor parte con bosque esto debido a que el café con sombra suele generar confusión en el modelo. Por su parte los errores omisión y comisión en los cultivos de piña, caña y pastos son bastante bajos, siendo un resultado favorable (François Mas et al., 2012; Chuvieco, 2016).

El coeficiente Kappa para 1997 fue de 0.88, y en el caso de 2021 fue de 0.93, lo cual nos indica que la precisión de ambas clasificaciones fue bastante buena, es decir presenta concordancia con los datos de entrada y la realidad en comparación a una clasificación azarosa (François Mas et al., 2012). Ahora es importante acotar que a pesar de que se dieron en algunas coberturas valores bajos en cuanto a la presión del usuario y teniendo un mayor porcentaje de errores de comisión, estos no son significativos en la clasificación. Aun así, estos errores en su mayoría fueron corregidos de manera manual a través del SIG de QGIS.

Capítulo 4. Cambios paisajísticos en el Marco de los Teleacoplamientos (MT) para el distrito Cajón: factores socioeconómicos, políticos y ambientales asociados

Introducción

A lo largo de la historia el ser humano ha alterado el entorno donde desarrolla sus distintas actividades sociales, modificando el espacio que lo rodea. Hoy día con el avance tan prominente que posee la sociedad, estos cambios son cada vez mayores y en menor medida de tiempo, donde la globalización y los procesos de cambio en las coberturas y usos de la tierra han desencadenado transformaciones constantes en los paisajes (Alemán, 2014; Montero Mora & Viales Hurtado, 2015). En el presente apartado se aborda el cambio paisajístico en el distrito de Cajón desde la perspectiva que brinda el concepto del teleacoplamiento y la sistematización del MT, siendo una conceptualización y una herramienta que permite el estudio multidisciplinario de diferentes problemáticas o temas (biología, mercadeo, economía, agricultura, etc.) con una capacidad de adaptación metodológica para distintos estudios (Tonini & Liu, 2017).

Por lo antes mencionado, este apartado visto desde el teleacoplamiento se alimenta de los capítulos anteriores, tanto de los SES, como del análisis y los resultados obtenidos de las coberturas clasificadas para los años 1997 y 2021 para el área de estudio. Desde los componentes que presenta el MT por la orientación de la investigación, los componentes de mayor peso son los sistemas de emisión-recepción, y los flujos que estos generan, por tanto, se profundiza en estos factores. A su vez los movimientos de productos a larga distancia han aumentado la interconexión de lugares alrededor del mundo generando impactos complejos de estas interacciones distantes del medio biofísico y los aspectos socioeconómicos dentro de los paisajes rurales como el caso de Cajón (Friis & Ostergaard Nielsen, 2017; Liu et al., 2019).

Por ello se procedió mediante el uso del MT a la generación cartográfica de los flujos de productos más relevantes dentro del distrito, generación de diagramas con los sistemas de envío, de recepción, los agentes involucrados y también a través del análisis bibliográfico. Este análisis se aplica para el período 2021, con excepción del flujo de piña que se hizo para 2019, debido a que es el año más próximo con información. Además, los datos se

encuentran a nivel cantonal debido a que las instituciones gubernamentales no cuentan con los datos a una escala de mayor detalle como lo sería a nivel de distrito, siendo un aspecto relevante de recalcar, ya que como se deduce del trabajo de Friis & Ostergaard Nielsen (2017), al demarcar los límites del sistema, atribuir roles a los sistemas que interactúan, determinar las escalas de análisis espacio-temporales, todo esto influye en la profundidad del análisis.

Resultados y discusión

De lo antes mencionado, en adelante se desarrolla el análisis de los teleacoplamientos para explicar los cambios en el paisaje, donde estos están asociados a procesos distantes acontecidos a variables escalas espaciales, y que se retroalimentan debido a las necesidades comerciales existentes entre el sistema de envío y los sistemas de recepción de producto.

Debido a que estos componentes se asocian a un flujo de productos agrícolas desde un área mayormente rural, donde las principales variaciones del paisaje se asocian a aspectos socioeconómicos y comerciales a lo largo de años con productos estratégicos, es importante mencionar los aspectos históricos relevantes que explican la evolución de los cambios en los usos de la tierra y en general del paisaje.

Aspectos históricos relevantes en el periodo estudiado en los procesos de teleacoplamientos existentes dentro del distrito de Cajón que desencadenan en cambios paisajísticos

Acá se destacan aquellos hechos históricos acontecidos en el periodo de estudio, que son relevantes en los procesos de cambio del paisaje del distrito y que tienen relación con aspectos socioeconómicos, comerciales y medioambientales que surgen de la relación ser humano-medioambiente. Por ello se hace mención de estos aspectos históricos que involucran la evolución de los cultivos analizados de manera integral entre los resultados obtenidos de los SES, los cambios en los usos de la tierra, y los MT a través de las conexiones distantes que se han desarrollado a través del tiempo.

Siendo puntuales en estos hechos, empezaremos diciendo que el cultivo de café ha sido dentro del distrito un importante producto que ha ayudado al desarrollo socioeconómico de la población de la zona, al igual que el resto del país, sin embargo con la caída de los precios del café, especialmente entre el periodo de 1997-2002 con precios históricos y la

enfermedad de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) (IDEAS, 2006), la situación dentro de la zona se tornó difícil para mantener cafetales activos y produciendo, ya que los mercados internacionales y la dinámica de países como Brasil produciendo grandes cantidades de producto incidió negativamente en la zona, además se da la aparición de nuevos países productores que hoy encabezan en los mercados mundiales, como es el caso de Vietnam (IDEAS, 2006; Quintero Rizzuto & Rosales, 2014). Esto repercutió en la desaparición de Beneficios de *Sociedad Comercial* e intermediarios de compra del café en fruta, lo cual para estos períodos era la tendencia de que el productor no participaba en la totalidad de la agrocadena del producto, recibiendo un beneficio menor que no le permitió enfrentar las pérdidas comerciales, por lo que en la actualidad surgen cooperativas que desarrollan junto a sus asociados el procesamiento total del cultivo, desde su recolección hasta exportar el producto a los distintos destinos, generando que la configuración actual de este cultivo se encuentre en zonas de mayor elevación, ya que antiguos productores de zonas bajas desistieron de desarrollar este cultivo cambiándolo para otros usos (Mora Segura, 2008).

Por su parte, el cultivo de piña dentro del distrito se inicia en el año 2006, según las entrevistas realizadas a personas de la zona y la observación de imágenes del sensor Landsat-7. Es importante acotar que este cultivo históricamente tiene sus inicios en el cantón de Buenos Aires y que es donde se inicia en Costa Rica a finales de los años 80's con PINDECO como subsidiaría de Del Monte, esto incentivado por la **Ley No 6.695** denominada *Zonas Procesadoras de Exportación y Paquetes Industriales*, la cual generó incentivos fiscales para el fomento de las exportaciones no tradicionales, y así reducir la dependencia de productos tradicionales de exportación tales como el banano, café, azúcar y carne (Contreras Solera & Díaz Porras, 2017), dando paso cambios en los usos del suelo que sucederían en Buenos Aires y años más tarde alcanzaría al distrito de Cajón en Pérez Zeledón.

Para la crisis del café que afectó con mayor fuerza en el año 2002, se da un retroceso de este cultivo que genera que muchas fincas cafetaleras de medianos y pequeños productores cayeran en abandono, principalmente en las áreas de menor elevación, lo cual sucedió en la sección media del área político-administrativa de Cajón, donde la finca cafetalera de Santa Fe (ver figura 4.1) se vio afectada por la crisis internacional de precios del producto, generando que quedara en desuso, esto se logra constatar a través de las encuestas realizadas, las entrevistas e investigaciones como las de (Peters Solórzano,

2004; Mora Segura, 2008; ICAFE, 2019a), con ello se logró determinar que gran parte de la finca por al menos 3 años quedo en condición de desempleo.

Sin embargo, con la ley antes mencionada, se da que este predio entre 2005 a 2007 cambia de uso, y se convierte -después de talar gran número de árboles de eucalipto -*Eucalyptus*-, quitar los cafetales y labrar la tierra-, en un cultivo de piña el cual estaba en auge creciente en los mercados internacionales, incentivado por las exportaciones de este producto. Este cambio se puede ver en las clasificaciones de uso de la tierra realizadas en el capítulo 3 donde se hace para los años 1997 y 2021, ya que actualmente como se muestra en la figura 4.1, está finca sigue cultivada con piña, a su vez, en la sección media del distrito muchas fincas de pequeños productores de café dejaron abandonados sus cultivos o los cambiaron por pastos, caña de azúcar u otros cultivos no tradicionales como cítricos, rambután o plantas ornamentales (Inder, 2016a).

En cuanto al cultivo de caña de azúcar, es otro de los cultivos históricos del distrito y del cantón, aunque es una zona (región pacifico sur) reciente en el procesamiento del cultivo de manera industrial (a partir de 1974) en comparación con otras áreas productoras del país. La zona tuvo un cambio importante en el procesamiento y producción de caña de azúcar para el año 1974, cuando se da el establecimiento y operación fabril del único y actual ingenio, -El Milton Fonseca-, perteneciente a CoopeAgri R.L, con lo cual se ha dado un crecimiento lento del área cultivada, siendo este acontecimiento un hecho importante en la configuración que se da en el paisaje Pezeteño y de Buenos Aires (León Sáenz & Arroyo Blanco, 2012).

Otro hecho sumamente relevante que ha tenido trascendencia en cómo está configurado este cultivo dentro del distrito de Cajón, es el fuerte impactado a la productividad del cultivo en el año 2007 por la presencia e incidencia de la enfermedad conocida como la roya naranja (*Puccinia kuehnii*), proveniente de los países de la región, sin embargo, es una enfermedad que se propago desde distintas partes del mundo, evidenciando las interacciones distantes. La misma generó grandes pérdidas económicas en producción, problemas en el comercio del producto y en general en los cultivos de esta región productora, ya que es donde principalmente tuvo mayor afectación, esto debido a las condiciones de la región de altas temperaturas y de cuantiosas lluvias, ahondado por suelos de baja fertilidad (Barrantes Mora & Chaves Solera, 2006; Vignola, Poveda Coto, et al.,

2018). Es importante decir que este hecho sería bastante perjudicial para las siguientes producciones, debido a la existencia de la **Ley No 7818**; *Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar* que, con el sistema de *cuota*, conocida como *extracuota*, que generó que las cuotas definidas para próximas zafras tendieran a la baja. Por su parte, es importante denotar que la región sur se amparó en producir principalmente una sola variedad de caña (SP 71-5574), pues según Chaves Solera (2008), el 96,85% de las plantaciones comerciales de caña de azúcar de la Región Sur (cantones de Pérez Zeledón y Buenos Aires) estaban sembradas de esta variedad, la cual tuvo gran susceptibilidad a la enfermedad de la roya naranja. Se estimó que para la producción de 2007-2008 se tuvo una disminución de producción de hasta un 26,7% en tonelaje de producto (Chavarría Soto et al., 2015), generando problemas en la producción y el comercio local e internacional en cuanto a exportaciones, que se intuyen han perdurado en el tiempo, siendo el distrito de Cajón de los más afectados, ya que como indica Chaves & Chavarría (2012), es el distrito que encabeza la importancia de distribución del cultivo con unas 808,66 hectáreas para 2012, a su vez comparando este dato con la clasificación de uso de la tierra para 2022 que registró 1157, 8 hectáreas, vemos que ha tendido a incrementar después del período de crisis de 2007.

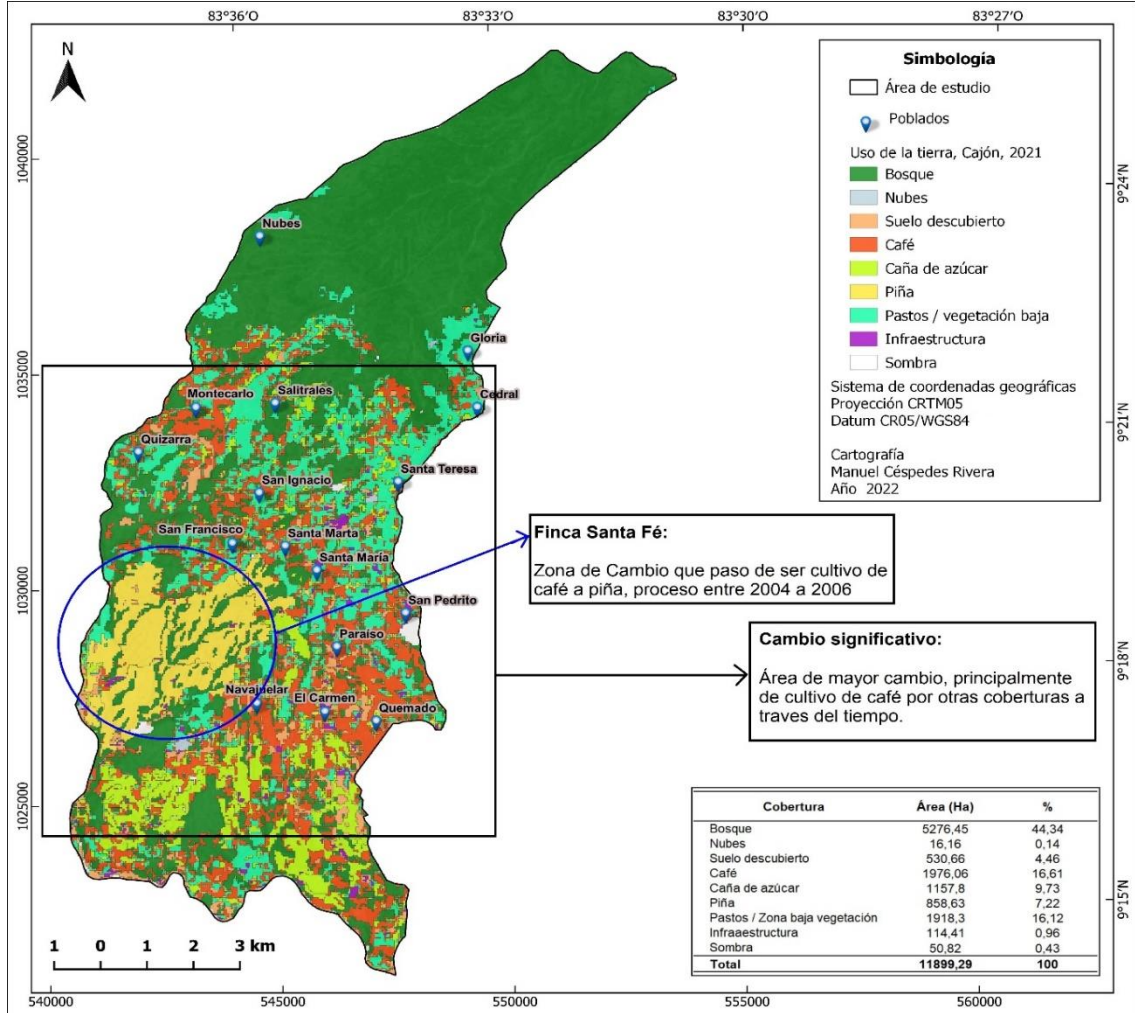


Figura 4. 1. Cambios acontecidos en el área de estudios debido a procesos comerciales, económicos, y sociales de procesos distantes acoplados entre sistemas naturales y humanos.

Fuente. Elaboración propia a partir del mapa de cobertura del suelo de 2021.

Según se denota, los procesos de teleacoplamiento han estado presentes en la evolución de la configuración de los cultivos de café, caña de azúcar y piña dentro del distrito Cajón, donde procesos a distintas escalas de acción han tenido trascendencia en cómo se da los usos de la tierra en esta área, ya que en principio están los mercados globales que según las dinámicas de oferta y demanda de países productores como de los consumidores, han influido dentro de nuestro contexto, que a su vez mediante políticas económicas y acciones institucionales del Estado Costarricense han marcado la evolución de esta área político-

administrativa, pues se destinan de acuerdo a los movimientos en los mercados internacionales, fondos de ayuda para el desarrollo agropecuario según la tendencia global de oferta y demanda de productos agrícolas. Es decir, se tiene influencia directa de hechos distantes que suceden a escalas globales, de región, de país, que llega hasta las áreas político-administrativas como en el presente caso.

A su vez, es importante mencionar que estos teleacoplamientos se logran desarrollar porque estas compañías de transnacionales logran encontrar tanto las características socioculturales ideales para poder implementar estos cultivos con la ayuda de las poblaciones locales, como también por las características biofísicas que posee el área de estudio y zonas aledañas -esto se amplía más adelante- pues de los factores que han impulsado el desarrollo económico del territorio, se debe a sus características biofísicas, las cuales permiten el desarrollo de una gran variedad de cultivos y actividades productivas (Inder, 2016a).

Análisis de los teleacoplamientos encontrados mediante el MT

Según lo analizado en los hechos históricos, se logran identificar procesos teleacoplados entre el área en cuestión, y por ende sistemas distantes asociados al proceso de globalización, especialmente en aspectos comerciales en la que figuran interacciones entre sistemas humanos y naturales, donde a través del tiempo estos dos sistemas (envío y recepción) se han retroalimentado constantemente a través de estos hechos históricos. Estos están ligados para que se sigan desarrollando dichos procesos de teleacoplamiento, y que a su vez evolucionen, ya que usualmente están en constante cambio (Geist & Lambin, 2002; Friis & Ostergaard Nielsen, 2017). Esto debido a que las dinámicas globales de los mercados suelen cambiar según sus necesidades, lo que genera en el caso de los sistemas acoplados que acá se están estudiando, cambios importantes, principalmente los flujos de recepción de productos, que pueden variar de un año a otro o inclusive de un periodo a otro en el mismo año. Es decir, es una dinámica que fluctúa y que cambian fácilmente, tanto en su escala temporal como también espacial, principalmente esto depende de la oferta y la demanda de productos, también por aspectos de políticas económicas, factores naturales asociados, acuerdos comerciales, etc., que pueden ser factores de cambio en las condiciones de estos sistemas de flujo.

A su vez, es importante recalcar estos hechos históricos y su relevancia en el estudio de los teleacoplamientos encontrados en el distrito de Cajón para el periodo 2019 y 2021, ya que los mismo clarifican como es que ha evolucionado estos procesos de teleacoplamiento a lo largo del tiempo, pues en sí son los procesos que han ido configurando la relación de estos sistemas distantes acoplados, que en el presente caso enfatiza en los flujos de producto y los sistemas acoplados.

A continuación, se muestra un mapa de tipo diagrama que sintetiza los componentes de los flujos de productos de mayor trascendencia que se desarrollan en el distrito de Cajón, con el cual se pasa a explicar las dinámicas de teleacoples que existen en la zona.

Teleacoplamiento identificado en el distrito de Cajón

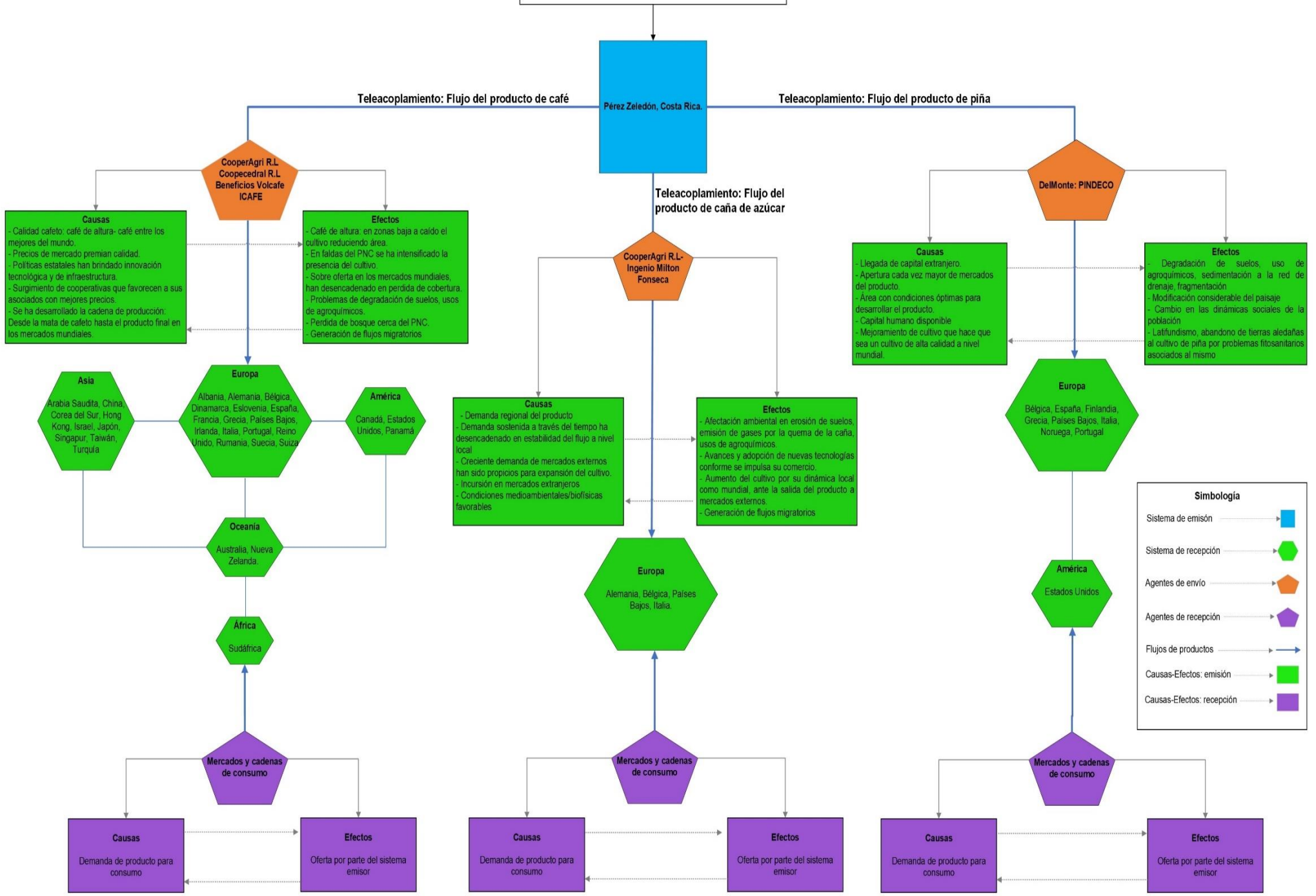


Figura 4. 2. Diagrama del MT con los teleacoples detectados para el Cantón de Pérez Zeledón y el distrito de Cajón en el año 2019, en el caso de la piña y 2021 para el café y la caña de azúcar.

Fuente. Elaboración propia a partir del MT propuesto por (Liu et al., 2019).

En la figura 4.2 se configura todo el proceso que se da del rastreo de las interacciones distales de los productos agrícolas del café, la caña de azúcar y el cultivo de piña. Estos tres flujos de productos han sido relevantes en la configuración paisajística del distrito de Cajón a través de los años e igualmente sigue teniendo una importante injerencia en los cambios acontecidos, pero con procesos de configuración que van variando en el tiempo. En principio es importante mencionar que de los 5 componentes que enmarcan los MT, no se identificó de manera directa para ninguno de los 3 productos agrícolas un sistema de desbordamiento que tuviera efectos en estos flujos u otros sistemas.

Datos sobre los flujos de los cultivos de café, piña y caña de azúcar desde el MT

El flujo de café en oro, descafeinado y sin descafeinar dentro del cantón tiene una expansión global en cuanto a exportación de la cosecha se refiere, para el periodo de 2021 el producto llegó a cinco continentes para un total de 31 países; a pesar de que en el caso de África solo conto con un flujo a un solo país (ver cuadro 4.1) es posible que se siga expandiendo. En lo correspondiente a América solo se envió a tres países, para Asia exportó a 9 países, teniendo una importante influencia en la retroalimentación del proceso de desarrollo del cultivo dentro del distrito, de igual forma sucede con el continente europeo, el cual importa este producto a 16 de sus países, siendo el continente en el que tiene mayor presencia, por último, se encuentra Oceanía con dos naciones que importan este producto.

Cuadro 4. 1. Flujo de café al sistema de recepción desde el distrito de Cajón en el año 2021, por toneladas (T).

País	Toneladas exportadas	% toneladas exportadas
Albania	1	0,03
Alemania	137,7	4,25
Arabia Saudita	1	0,03
Australia	410,6	12,68
Bélgica	132	4,08
Canadá	36,6	1,13
China	1	0,03
Corea del Sur	307,2	9,49
Dinamarca	1	0,03
Eslovenia	1	0,03
España	1	0,03
Estados Unidos	902,5	27,88
Francia	76,7	2,37
Grecia	38,9	1,20
Países Bajos	38,4	1,19
Hong Kong	1	0,03
Irlanda	38,4	1,19
Israel	773,7	23,90
Italia	1	0,03
Japón	95,7	2,96
Nueva Zelanda	1	0,03
Panamá	1	0,03
Portugal	1	0,03
Reino Unido	112,1	3,46
Rumania	19,2	0,59
Singapur	1	0,03
Sudáfrica	38,4	1,19
Suecia	1	0,03
Suiza	1	0,03
Taiwán	64,1	1,98
Turquía	1	0,03
Total	3237,2	100

* Para el caso de los países con un 1 en las toneladas enviadas, es debido a que no se contó con dicha información, pero que se entiende que al menos se movilizó un porcentaje de producto a dichos destinos.

Fuente. Elaboración propia a partir de datos de PROCOMER.

Como se evidencia en el cuadro 4.1 la cantidad de toneladas exportadas de producto para cada uno de los sistemas de recepción, las regiones y países de corte más tradicional (EE. UU, Unión Europea, Japón) en cuanto a consumo de café se refiere, tienen la mayor incidencia en la recepción del producto en sus diversos mercados (ICAFFE, 2019b). Estados Unidos es de los países que más importan café de la zona con más de 902 T de café para 2021, seguidamente Israel con una totalidad de 773,7 T, Corea del Sur con un poco más de 307 T, siendo los que mayor cantidad de volumen de café importan, de ahí varios países que importan por encima de las 100 toneladas de café, lo cual es un valor significativo y que genera un movimiento importante de producto y de divisas en la zona, por ende ha sido un producto que ha marcado importantes cambios en la estructura de los usos de la tierra en la zona, en el ámbito social, económico y hasta cultural (Miranda, 1985; Peters Solórzano, 2004; Acuña et al., 2017), además de que históricamente ha generado un movimiento comercial importante que hoy se refleja en como el producto llega a diversos mercados en

el mundo, y que se ha consolidado como los mejores del mundo debido a la calidad que le brinda su ubicación biofísica (Inder, 2016a).

Por su parte, el cultivo de piña se ha ido consolidando dentro del distrito como parte del proceso histórico con el que cuenta el cantón de Buenos Aires en la zona sur mediante la subsidiaria PINDECO, perteneciente a la transnacional Del Monte, que empieza operaciones a finales de los años 70 mediante la compra de grandes extensiones de tierra a habitantes del cantón, e inicia exportaciones a principios de 1980, dicho proceso se da para 2007 en el distrito de Cajón, llegando a variar la estructura del paisaje considerablemente y generando un alto nivel de especialización en el desarrollo, producción y comercio del producto a distintas escalas comerciales, principalmente a Estados Unidos y algunos países de Europa (Contreras Solera & Díaz Porras, 2017). En tanto, según datos de PROCOMER, para 2019 los principales países que importaron piña de la zona sur fueron los siguientes:

Cuadro 4. 2. Flujo de piña al sistema de recepción desde la zona sur, año 2019, por toneladas (T).

País	Toneladas exportadas	% de Toneladas exportadas
Bélgica	63,4	0,38
España	841,5	5,06
Estados Unidos	634	3,81
Finlandia	705,5	4,24
Grecia	42	0,25
Países Bajos	9613,2	57,75
Italia	3964,2	23,82
Noruega	696,1	4,18
Portugal	85	0,51
Total	16644,9	100

Fuente. Elaboración propia a partir de datos de PROCOMER.

De las exportaciones de este producto, se denota que el mayor flujo se da hacia el continente europeo (Vargas Bolaños et al., 2017); 57,7% del mismo fue hacia Países Bajos, seguido por Italia con un 23,8% y como tercer puesto está España con más de un 5%, de ahí el resto de naciones del viejo continente junto con EE. UU que terminan de cuadrar el flujo de recepción. Ahora bien, en comparación con la cantidad de toneladas exportadas del cultivo de café es un volumen mayor, sin embargo, por cantidad de países y continentes, no alcanza los resultados del café, por tanto, se puede decir que todavía es un producto

que se está expandiendo en el mercado mundial, a pesar de que según menciona Contreras Solera & Díaz Porras (2017), Costa Rica es pionero en desarrollar piña de tipo monocultivo con una profunda demanda tecnológica, dándole para 2008 la primera posición entre los países exportadores a nivel mundial. Aun así según las tendencias actuales le falta por incursionar más otras regiones, lo cual puede todavía cambiar más la configuración paisajística dentro del distrito y sus alrededores, esto a su vez no es algo que se vislumbre a largo plazo, pues la innovación tecnológica con que cuenta esta fruta da pie a pensar que próximamente vendrán mayores cambios en la agrocadena global de la piña, pues actualmente el desarrollo en el sector de Buenos Aires de la piña pinkglow -más conocida como la piña rosada- está tendiendo a innovar el mercado a un alto precio, por lo que es sumamente rentable, y por ende se da la intervención de grandes capitales de inversión que inyectan importantes sumas de dinero en la zona dando paso a dinámicas socioeconómicas que repercutirán en el espacio como ha venido sucediendo, tanto en las condiciones medioambientales como en las condiciones socioeconómicas y el paisaje en general (Acuña González, 2004; Contreras Solera & Díaz Porras, 2017; Mena Hernández, 2020).

Finalmente, para hacer un estimado de producción del área de estudio para 2021, se determinó según la cantidad de hectáreas existentes del cultivo de piña (cobertura), un total de 546,1 ha según datos de la clasificación supervisada. A su vez, teniendo como referencia que el aproximado de producción por hectárea de la variedad MD-2 es de 37,5 T, se determinó un volumen de producción para dicho período de 20 478,7 T, siendo una gran cantidad de producto del cual su mayoría es para exportación en fruta, aquellas frutas que no cuentan con los estándares de calidad para exportar directamente, se envía a la planta de Congelados Del Monte, donde la fruta se congela en trozos y jugos, para también ser exportada (Brenes Gamboa, 2007; Contreras Solera & Díaz Porras, 2017). Sin embargo, hay que enfatizar que esto es en el plano hipotético de que dicha área estuviera en condición de producción y que no contó en su momento con ninguna afectación en las parcelas por pérdida de plántulas o áreas de siembra, pero la realidad es que esta producción seguramente fue menor debido a que usualmente se tienen estos problemas al momento de producir. Es decir, se debe tomar en cuenta que no toda esta producción es apta para exportación, además que, aunque se encuentre sembrada la totalidad de área en ese momento, no toda está en proceso de cosecha, ya que usualmente se tiene el control

de que se produzca todo el año alternando la cosecha en ciertas parcelas según se logró constatar en las entrevistas hechas a personas que poseen conocimiento del sistema de cosecha de este producto.

En lo correspondiente al cultivo de caña de azúcar, como anteriormente se mencionó, es un producto con gran importancia tanto en el cantón de Pérez Zeledón, como en Buenos Aires. El distrito de Cajón es uno de los que mayor peso tiene en el desarrollo socioeconómico del cultivo, sin embargo, el peso de la agrocadena del cultivo tiene su mayor trascendencia en el entorno local por lo previamente indicado en este capítulo (ver sección de *aspectos históricos relevantes*), debido a que es un producto que principalmente se consume a nivel local-nacional, contrario al cultivo de café que se destina principalmente para exportación con un consumo local muy bajo, lo cual también sucede para la producción de piña, pero a mayor profundidad, ya que Del Monte todo su producto lo exporta al extranjero (Contreras Solera & Díaz Porras, 2017; ICAFE, 2021).

A pesar de esto, en sí hay un proceso de teleacoplamiento externo relacionado al producto de la caña de azúcar y por tanto la existencia de un sistema de envío de flujo de producto y sistemas de recepción del mismo a una escala continental de algunos países europeos, como se muestra en el cuadro 4.3.

Cuadro 4. 3. Flujo de caña de azúcar al sistema de recepción desde el distrito de Cajón año 2021, por toneladas (T).

País	Toneladas exportadas	% de Toneladas exportadas
Alemania	42,15	65,64
Bélgica	1	1,56
Países Bajos	20,06	31,24
Italia	1	1,56
Total	64,21	100

* Para el caso de los países con un 1 en las toneladas enviadas, es debido a que no se contó con dicha información, pero que se entiende que al menos se movilizó un porcentaje de producto a dichos destinos.

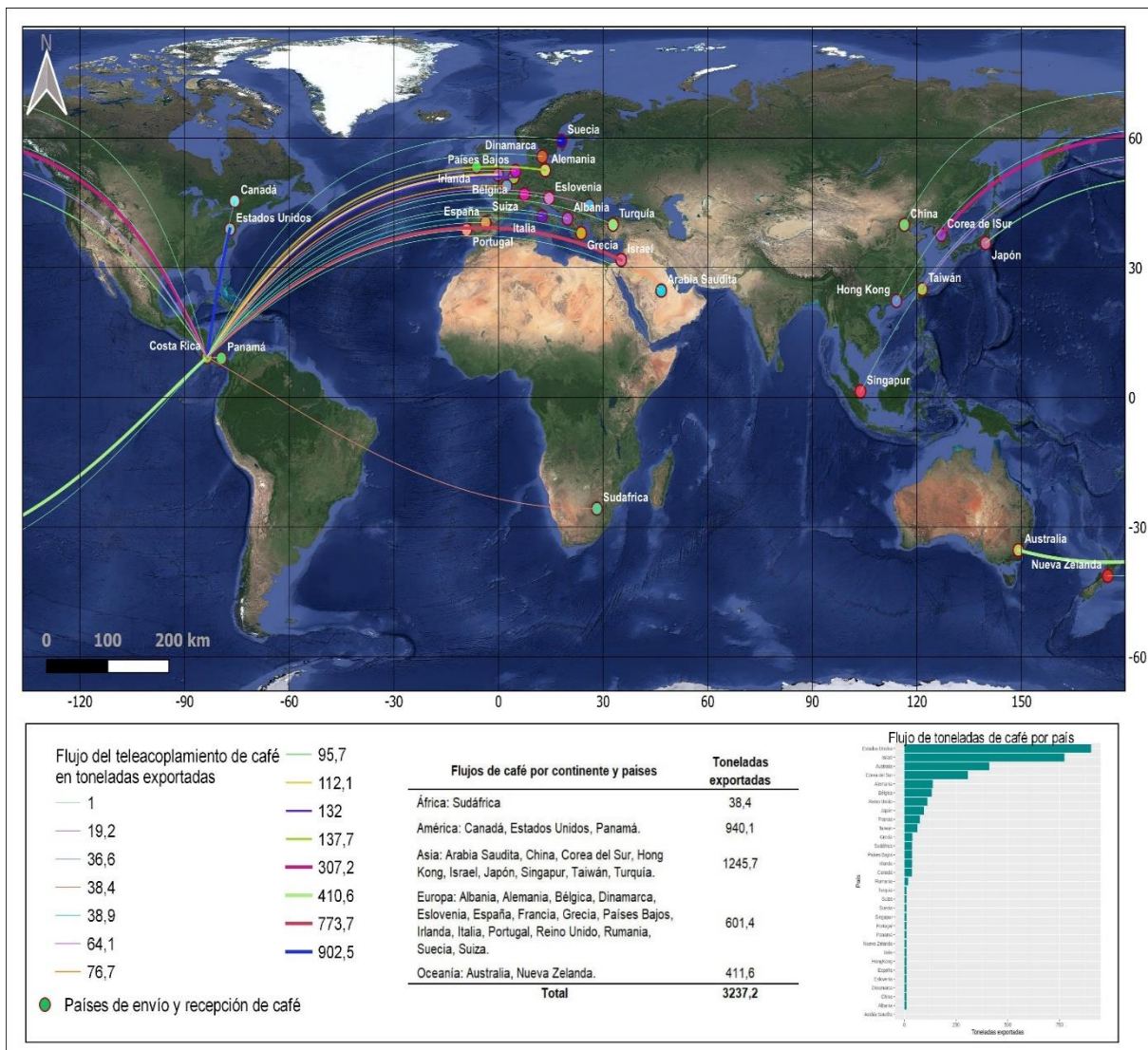
Fuente. Elaboración propia a partir de datos de PROCOMER.

En sí se puede observar que la cantidad de flujo, es bastante baja en comparación con el producto de piña y café, por lo cuál es el producto que presenta menor incidencia de los mercados globales dentro del distrito, sin embargo el rango espacial de acción a nivel local-nacional tiene un alto impacto en la agroindustria de la caña de azúcar, ya que es uno de los cultivos que tiene gran injerencia en la configuración paisajística de Cajón y que como evidencia la clasificación supervisada de usos de la tierra entre 1997 y 2021 el mismo se ha expandido dentro del distrito, es decir, la presión de las actividades comerciales a pesar de que suele ser más fuerte por parte de mercados externos, también a nivel local se puede generar una presión importante en el emplazamiento de un determinado producto, a su vez de las entrevista realizadas del SES se obtuvo información importante que explica como este producto no ha incrementado descontroladamente en su implementación, tanto en el distrito como a nivel nacional, ya que productores del área hacen alusión a la *Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar*, que mantiene “*un régimen equitativo de relaciones entre los productores de caña y los ingenios de azúcar, que garantice a cada sector una participación racional y justa; asimismo, ordenar, para el desarrollo óptimo y la estabilidad de la agroindustria, los factores que intervienen tanto en la producción de la caña como en la elaboración y comercialización de sus productos*” (Ley N° 7818 Orgánica de La Agricultura e Industria de La Caña de Azúcar, 1998), pues alegan que no se les permite producir la cantidad deseada por los términos de esta ley en lo correspondiente a la *cuota* y *extracuota* que pone un tope al volumen de producto a producir para cada zona cañera e ingenio (Barrantes Mora & Chaves Solera, 2006). En sí el sector a través de esta ley y otras reformas, mantienen un equilibrio para cada región productora de caña de azúcar, manteniendo un control de producción y por ende de área sembrada de cultivos, a su vez, al producirse para el entorno local, es poca la cantidad que se destina para la exportación al extranjero, además de que es también a pocos países donde se exporta (ver figura 4.7). En sí este producto tiene un rango de acción espacial más local que global, y de acuerdo a las condiciones actuales se prevé que siga con esta tendencia. A su vez por las condiciones tanto de topografía, suelos, clima... el producto tiene la tendencia a mantenerse donde se encuentra emplazado actualmente en el distrito (ver clasificación supervisada de 2021).

Sistemas de envío y recepción de flujos, agentes, causas y efectos de productos agrícolas.

Ahora bien, para entender el comportamiento de estos flujos se debe ahondar en los procesos que se dan en los sistemas de envío y recepción y como se retroalimentan, por consiguiente, en el caso del sistema de envío hay varios aspectos que son relevantes para que se desarrollara el proceso de flujo de cada uno de estos productos. Como bien acota Liu et al., (2013), su identificación se da mediante el MT a través de los agentes que están involucrados en los procesos de movimiento del material, a su vez, se determinan las razones existentes para que se desarrolle esta dinámica, que para el presente caso es la dinámica comercial de productos agrícolas.

Estas razones se identifican como aquellas causas y efectos que determinan los factores que hacen posible que se den estos movimientos desde los sistemas de envío y sistemas de recepción (este estudio se centra principalmente en las causas-efectos del sistema de envío), que de igual forma hace posible el movimiento de los productos agrícolas analizados. Para el presente caso se enfoca en destacar aquellos aspectos que hacen posible dicho flujo y que establece la configuración de las dinámicas de comercio según las escalas mencionadas en el apartado anterior.



Teleacoplamiento del producto del café en el distrito de Cajón

Figura 4. 3. Mapa del flujo de café al sistema de recepción desde el distrito de Cajón en el año 2021, por toneladas exportadas.

Fuente. Elaboración propia a partir de datos suministrados por PROCOMER.

Analizando los componentes del MT del producto del café, en la figura 4.3 se observa como el **flujo** del producto se moviliza a una escala mundial donde la cantidad movida hacia algunos de los sistemas de recepción es variable, pues tienen mayor o menor incidencia en el sistema de envío, ya que la presión dentro de los sistemas productivos es superior dependiendo de la cantidad demandada de producto por parte de los agentes del sistema de recepción (Geist & Lambin, 2002b; Friis & Ostergaard Nielsen, 2017). En la actualidad

el mercado y las cadenas de consumo como **agentes por parte del sistema de recepción** del café, poseen características que han hecho que la configuración del cultivo dentro del distrito se emplace en áreas de mayor elevación, esto debido a que en los mercados mundiales piden café de mayor calidad donde el café de altura (700 a 1400 msnm) es el que mejor calidad presenta, pues como se describió en el capítulo del SES, la temperatura, humedad, tipo de suelo, altura y otros factores biofísicos en conjunto con estas dinámicas socioeconómicas han modificado el emplazamiento del cultivo (ICAFE, 2019a), en síntesis esto es una consecuencia directa de las interacciones socioeconómicas entre sistemas humanos y naturales distantes, lo que podemos catalogar como el proceso de teleacoplamiento de este producto (Liu et al., 2013), a su vez ha tenido repercusiones en la desaparición del cultivo en las zonas bajas e intermedias, a la elevación denotada dentro del distrito (inferiores a 700 msnm), siendo reemplazado por otros cultivos, de igual forma ha hecho aparecer nuevos agentes y desaparecer otros.

Respecto a los agentes involucrados como bien menciona Liu et al. (2013), del sistema de envío y recepción, es importante decir que estos forman relaciones entre sí para producir flujos que dan forma a los teleacoplamientos. Ahora bien, a continuación, se determinan aquellos **agentes** del sistema de envío que a lo largo del tiempo han formado esas relaciones comerciales con los agentes del sistema recepción que serían los mercados y cadenas de consumo de café en cada país.

A través del estudio de este proceso de interacciones comerciales distantes dentro del área de estudio, se logró identificar que hubo desaparición de beneficios de café que fueron reemplazados por cooperativas que brindan mayores beneficios al productor, siendo un aspecto comentado en las entrevistas y encuestas realizadas a actores, donde se destaca que actualmente CoopeAgri R.L como *Asociación Cooperativa* es uno de los principales **agentes** dentro del distrito que capta en mayor parte la producción de café, sin embargo a pesar de ser una cooperativa, la misma trabaja de forma similar al sistema que manejaban las *Sociedades Comerciales*, manchando (pago) por fanega entregada donde el productor no es parte de la agroindustria. En el caso de CoopeCedral R.L, es un ente que involucra mucho más a sus asociados y que le brinda más beneficios, lo cual les permite hacer frente a los costes de producción, además de que trabajan exclusivamente con café de altura de alta calidad que poco se distribuye localmente, pues casi todo se exporta al extranjero (ICAFE, 2019b, 2021).

Entre otros **agentes** de suma importancia en el teleacoplamiento del café están el ICAFE, institución pública de carácter no estatal que tiene como objetivo rectar y fomentar la actividad cafetalera garantizando la calidad y sostenibilidad del Café costarricense por medio de la participación inclusiva mediante esquemas de innovación y trazabilidad (ICAFE, 2023), y Volcafé; una corporación comercial internacional que se dedica a obtener y promover cafés de origen único y de alta calidad de pequeños productores, cooperativas y fincas de todo el mundo (Volcafé, 2023), quienes históricamente han estado en la agroindustria del café tanto en el distrito de Cajón como a nivel nacional, y que han impulsado su comercialización hacia estos sistemas de recepción.

Por su parte, las **causas** principales que genera este teleacoplamiento se vinculan a las siguientes razones; en principio por las características biofísicas con que cuenta el área de estudio (ver capítulo del SES), transformando tanto el emplazamiento del cultivo dentro del distrito como la calidad del café que se produce, debido a que es café de altura y por ende incentiva la dinámica de desplazamiento a mayores elevaciones, por tanto a través de su calidad se ha abierto paso en los mercados internacionales hasta llegar a múltiples partes del mundo. Seguidamente asociado a lo antes mencionado, los precios del mercado premian la calidad con mejores precios por lo que el productor es incentivado a mantener su producción y a desarrollarse cada vez más en esta industria (Inder, 2016a; ICAFE, 2019a). Otra causa de peso es que mediante la intervención de los agentes antes mencionados e indirectamente por otros actores gubernamentales como el MAG y el INDER, se han desarrollado políticas estatales que han brindado innovación tecnológica y de infraestructura a pequeñas cooperativas como en el caso de CoopeCedral R.L mejorando su capacidad para proyectarse a los mercados globales (Presidencia de la República de Costa Rica, 2020), de igual forma vinculado a esto, el surgimiento de cooperativas que favorecen a sus asociados con mejores precios y que los incluyen en el proceso de comercialización del producto, siendo otra causa que ha desencadenado estos procesos distantes, pues actualmente se ha logrado desarrollar con mayor facilidad la cadena de producción, donde muchas veces el productor tiene la capacidad de integrarse al comercio desde su finca hasta llevar el producto final a los mercados mundiales (Presidencia de la República de Costa Rica, 2020).

En tanto los **efectos** que tiene esto dentro del paisaje del distrito Cajón y alrededores - sistema de envío-, se identifica como al desarrollarse el café en áreas de elevaciones entre

los 700 a 1400 msnm, las zonas de menor elevación han tenido una marcada reducción del cultivo dentro de estas áreas (ICAFFE, 2019a), lo cual queda en evidencia en el análisis realizado en el capítulo tres de las clasificaciones supervisadas de coberturas entre 1997 y 2021, donde se contrasta el retroceso de dicho cultivo entre ambos periodos, y esto genera que estos espacios sean tomados por otros cultivos o que queden en desuso dando como resultado problemas socioeconómicos en las poblaciones. Por su parte, al buscar sitios de mayor elevación, en las faldas del PNC se ha intensificado la presencia del cultivo, principalmente hacia el poblado de Cedral, lo cual también se observa en los resultados de la clasificación de coberturas de 2021, a su vez la producción de café genera problemas ambientales, tales como la degradación de suelos, el uso excesivo de agroquímicos, contaminación de las aguas, la reducción de la diversidad biológica y la pérdida de bosque, principalmente cerca del PNC (Mora Segura, 2008; ICAFFE, 2019a).

Por último, visto desde un ámbito más socioeconómico, es una actividad que suele generar flujos migratorios importantes para la recolección del producto, aunque según los entrevistados y encuestados dentro del capítulo SES, es una dinámica que ha ido disminuyendo con el retroceso del cultivo.

Teleacoplamiento del producto de la piña en el distrito de Cajón

Para el caso del teleacoplamiento del flujo de piña y los componentes correspondientes al MT, se tiene que el sistema de recepción es por mayoría a países del continente europeo exceptuando a EE. UU, a su vez, el flujo de piña como se puede observar en la figura 4.4 a pesar de no tener tantos países de recepción como en el caso del flujo de café, el volumen exportado de producto es bastante cuantioso, ya que el valor más bajo de exportación fue de 42 toneladas hasta superar las 9613 toneladas.

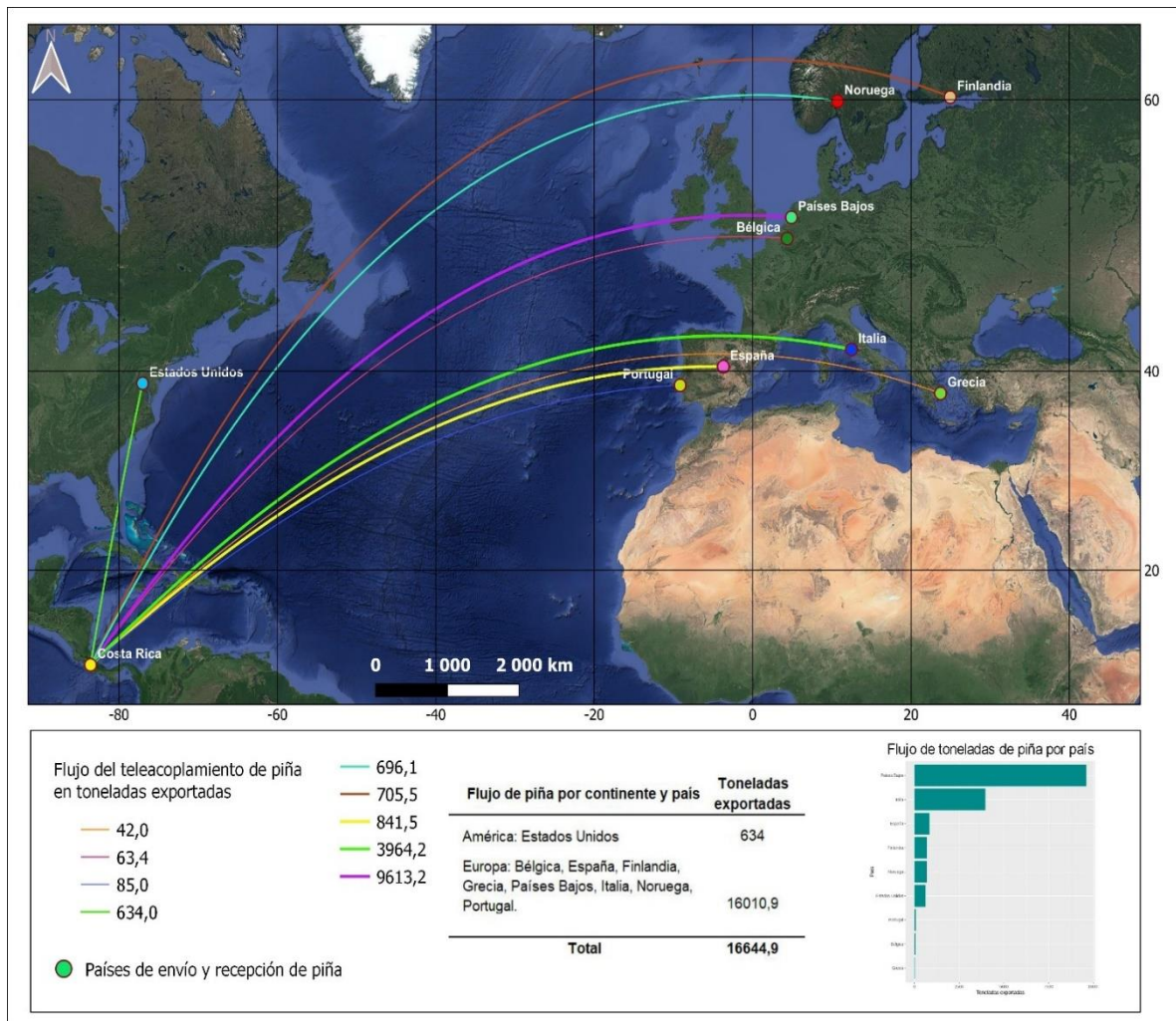


Figura 4. 4. Mapa del flujo de piña al sistema de recepción desde el distrito de Cajón en el año 2019, por toneladas exportadas.

Fuente. Elaboración propia a partir de datos suministrados por PROCOMER.

En tanto, el principal y único **agente** del sistema de envío del flujo de piña en el distrito Cajón es la subsidiaria PINDECO de la transnacional Del Monte, por su parte al igual que el producto del café y caña de azúcar, los **agentes** generales de los sistemas de recepción son los mercados y las cadenas de consumo que a través de la interacción entre actores ha hecho posible el nacimiento de estas interacciones entre estos sistemas humanos y naturales distantes, que nace con el desarrollo tecnológico de la piña en Buenos Aires para el año 1980 con la primera exportación de producto y que ha evolucionado hasta la actualidad. Aun así, no está globalmente tan expandido como el café, lo cual podemos

apreciar gráficamente en el mapa de la figura 4.4, pues su escala de acción está focalizada en el sector oeste de Europa.

Por su parte, PINDECO es un ente de capital extranjero que demuestra claramente como los capitales de inversión extranjera tienen un impacto dentro de pequeños entornos rurales agrícolas, pues esta empresa ha sido una fuerza externa que ha configurado el paisaje dentro del distrito Cajón y por ende los usos de la tierra de una porción importante de tierra, desde el ámbito biofísico, este cultivo no se ha desplazado hacia otros sectores dentro del distrito debido a que las condiciones topográficas del área no permiten su expansión, aun así existen predios aledaños que poseen condiciones idóneas para el desarrollo del mismo, por lo cual puede ser un escenario que a futuro se pueda expandir hacia estos sectores, ya que la empresa ha tenido la tendencia a incrementar su área de influencia como bien destaca León Alfaro et al. (2022).

A su vez, socioeconómicamente generó toda una coyuntura en la dinámica poblacional, pues a pesar de que la subsidiaria compró a una sola finca -mayor parte de su predio actual- hubo pequeños productores que vendieron sus terrenos a la empresa dejando de trabajar su propia tierra y empezaron a trabajar para otros entes y personas, incluida la misma empresa (información obtenida en las entrevistas realizadas en el análisis del SES). Hoy día PINDECO es una de las empresas que genera más empleo dentro del distrito, sin embargo, muchos de los empleos que genera son estacionales (usualmente en período de cosecha), los salarios son poco competitivos y muchos trabajadores salen de la empresa con problemas de salud, según comentaron algunos de los entrevistados, aun así, a pesar de esto indican que hay una dependencia hacia PINDECO, debido a la falta de empleo en la zona lo cual conlleva a muchos a laborar para la empresa (Contreras Solera & Díaz Porras, 2017).

En lo correspondiente a las **causas** principales que generan el teleacoplamiento piñero, en principio hay que decir que al igual que los otros cultivos analizados, las características biofísicas con que cuenta el área de estudio, es de las principales razones que han hecho que el mismo se desarrolle en esta zona, ya que, debido a ello se da el arribo de capital extranjero que permite en 1978 se instale en el país la transnacional Del Monte a través de la subsidiaria Del Monte y empiece en 1980 a generar las primeras exportaciones de piña. Es decir se empieza a evolucionar el proceso de teleacoplamiento que se tiene actualmente

del flujo de piña lo cual como menciona Acuña González (2004), genera como otra causa de esta dinámica, la apertura cada vez mayor de mercados del producto hacia sistemas de recepción a escalas más amplias, esto se da mediante el proceso histórico en conjunto con las condiciones óptimas tanto biofísicas como socioeconómicas para desarrollar los procesos de interacción distante del producto, pues en la zona al tener problemas de empleo, generó que hubiera la disponibilidad de capital humano para el funcionamiento de esta agroindustria. Por último con vital importancia, la innovación tecnológica esta una de las principales causas que impulsan lo que es hoy el teleacoplamiento tanto en el distrito de Cajón como en general en el país, específicamente el mejoramiento tecnológico constante del cultivo lo ubica entre los principales sistemas de producción de piña de alta calidad a nivel mundial, pues la introducción de nuevas variedades del producto hace que cada vez se consolide más en los mercados actuales, y que se proyecte hacia otros sistemas de recepción que eventualmente tendrán injerencia en cómo se siga configurando el paisaje dentro del área de estudio (Acuña González, 2004; Contreras Solera & Díaz Porras, 2017; Mena Hernández, 2020).

Con respecto a los **efectos** que genera este teleacoplamiento mediante el flujo de piña a sitios distantes, se tiene que el producto de la piña es un cultivo que modifica de gran manera el paisaje donde se desarrolla, pues requiere para su implementación modificar considerablemente las condiciones de la tierra, esto mediante el labrado total del suelo generando degradación de suelos (ver figura 4.5), que a su vez desencadena procesos de sedimentación a la red de drenaje que termina afectando en la sección media-baja de la cuenca del Térraba, de igual manera se da procesos de fragmentación de bosque a pesar de que destinan las áreas riparias para mantener bosques de galería, lo cual modificación considerable del paisaje y cambia las dinámicas naturales de especies de flora-fauna y los ecosistemas en general, como bien destacan varios estudios realizados por (Acuña González, 2004; Aravena Bergen, 2005; Maglianesi Sandoz, 2013; Quesada Román & Zamorano Orozco, 2019b), ahora, desde el punto de vista socioeconómico, como se mencionó anteriormente, este flujo de piña ha dado pie a cambios en las dinámicas sociales de la población, donde hay una clara dependencia de los pobladores hacia la empresa por un tema de trabajo e ingresos (Contreras Solera & Díaz Porras, 2017), además de incrementar el proceso de latifundismo, abandono de tierras aledañas al cultivo de piña por

problemas fitosanitarios asociados al mismo y problemas asociados a la aplicación de agroquímicos que contaminan cultivos orgánicos aledaños al predio de la empresa.



Figura 4. 5. Cultivo de piña año 2023: muestra de degradación de suelo (ambas) y remanente de quema del cultivo para recambio del mismo (imagen izquierda).

Fuente. Elaboración propia: imágenes tomadas con permiso del propietario de finca privada aledaña y desde el camino público.

Teleacoplamiento del producto de la caña de azúcar en el distrito de Cajón

Por último, el teleacoplamiento del cultivo de caña de azúcar (figura 4.6) presenta un comportamiento distinto a los antes mencionados, ya que a pesar de que tiene una clara incidencia en la configuración del distrito como se clarifica con las clasificaciones supervisadas de 1997 y 2021, su rango de acción es más local que global. Aun así, muestra un flujo de producto hacia países europeos pero que son relativamente bajos, donde la principal razón es por un tema de legislación de la agroindustria de la caña de azúcar (ley N° 7818, mencionada anteriormente) que regula minuciosamente la producción de azúcar en cada zona productora e ingenio. En tanto el **agente** principal de este teleacoplamiento asociado al sistema de envío es CoopeAgri R.L con el ingenio Miltón Fonseca, sin embargo hay otros actores secundarios que apoyan la agroindustria de la caña junto con esta cooperativa, como lo son LAICA y el departamento de DIECA que han configurado a nivel nacional la industria de la caña.

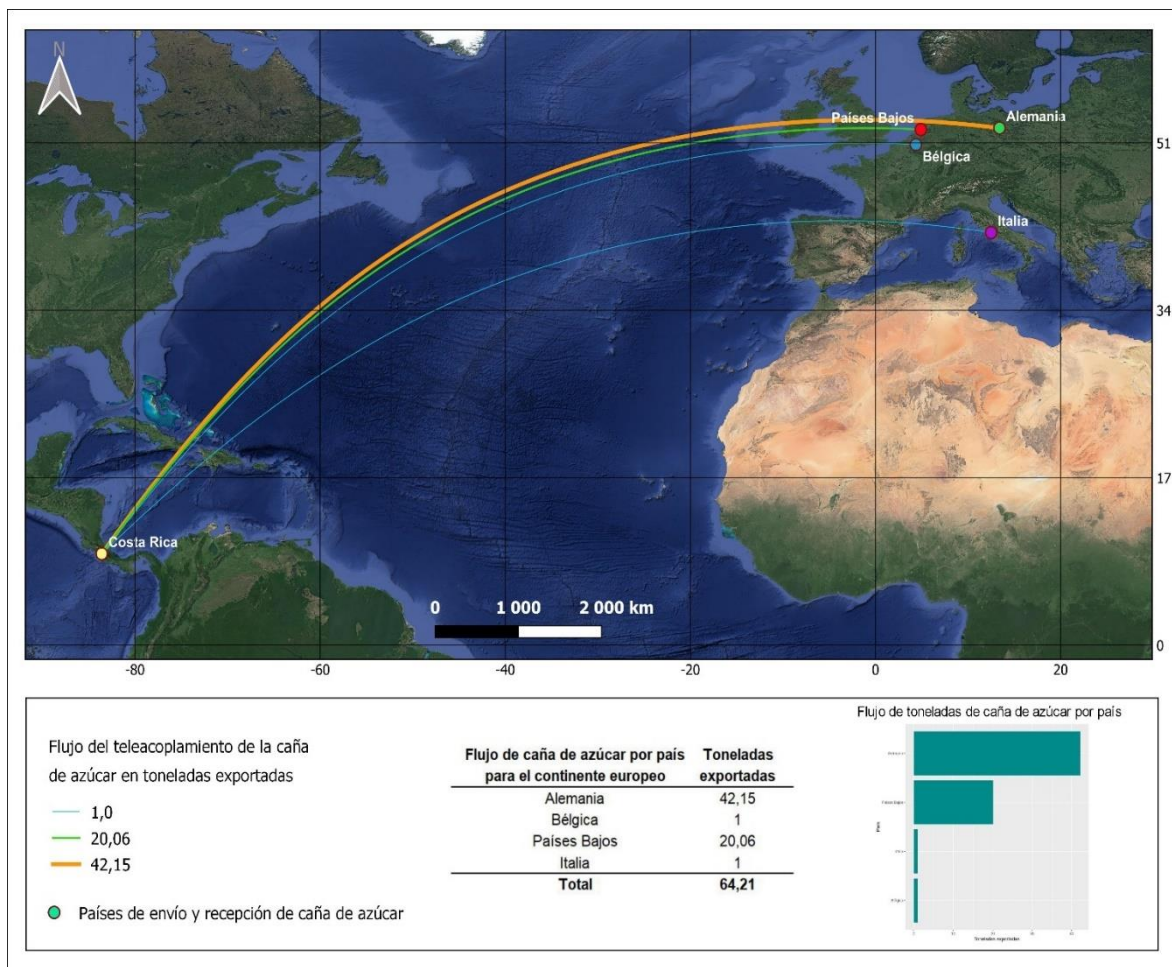


Figura 4. 6. Mapa del flujo de caña de azúcar al sistema de recepción desde el distrito de Cajón en el año 2021, por toneladas exportadas.

Fuente. Elaboración propia a partir de datos suministrados por PROCOMER.

Como se observa en la anterior figura, el flujo total de toneladas de caña es sumamente bajo en relación al café y la piña, pues para 2021 solamente se exportó un total de 64,2 toneladas de azúcar de Pérez Zeledón, siendo un número bastante bajo, además de estas exportaciones, todas se realizaron al sector oeste de Europa con solamente 4 países como sistemas de recepción del producto, por lo que podemos deducir que la presión externa de estos sistemas distantes son bastante bajas en cómo se configura el uso de la tierra dentro del distrito, sin embargo como se menciona a largo del documento, la presión es bastante fuerte por parte del mercado local, ya que en mayor parte se comercia a nivel nacional (DNEA, 2020), esto en sí es una de la **causas** que ha propiciado la estructura actual del

teleacoplamiento del sector azucarero dentro del distrito y de Pérez Zeledón, sin embargo, como se pone en evidencia, existe un nicho de este sector que se desarrolla en el mercado internacional y que puede tomar fuerza a través de los **actores del sistema de recepción** como son los mercados y las cadenas de consumo, que por el momento no se vislumbra una creciente demanda de mercados externos que puedan llegar a propiciar la expansión del cultivo.

Por un lado, otra causa que ha configurado el estado actual del cultivo dentro del distrito, es la demanda sostenida a lo largo del tiempo la cual ha mantenido estabilidad del flujo a nivel local, por último, al igual que los demás flujos, las condiciones biofísicas de la zona hace favorable el desarrollo de este cultivo, donde actualmente se encuentra (Barrantes Mora & Chaves Solera, 2006; Chaves Solera, 2019). Por otro lado, está el crecimiento tecnológico que ha sido vital en el mejoramiento productivo del cultivo dentro del distrito, pues se logra producir más por hectárea sembrada, teniendo un promedio actual de producción de 67 Tm/h (Chaves & Chavarría, 2012; DNEA, 2020).



Figura 4. 7. Cultivo de caña de azúcar, año 2020 y 2023. Muestra la degradación de suelo debido a la labranza de caminos de las parcelas (izquierda) y de labranza de parcelas (derecha).

Fuente. Elaboración propia: imágenes tomadas con permiso del propietario de finca privada aledaña y desde el camino público.

En lo que corresponde a los **efectos** causados por este flujo de azúcar dentro del distrito, se tiene igualmente una afectación ambiental en lo que corresponde a la erosión y degradación de suelos (ver figura 4. 7). Además de sedimentación de la red hídrica que se combina con los cultivos de piña y café, además en la época de corta de la caña de azúcar se da la emisión de gases por motivo de la quema del cultivo, generando un impacto negativo en la atmosfera y en el medioambiente en general, también la muerte de fauna que se da en el proceso de quemado de parcelas de cultivo, otro efecto es el uso de agroquímicos que también está presente en el desarrollo del cultivo (Barrantes Mora & Chaves Solera, 2006; Chaves & Chavarría, 2012; León Sáenz & Arroyo Blanco, 2012). Ahora en el aspecto socioeconómico, este teleacoplamiento repercute en un flujo migratorio de mano de obra extranjera como se logró determinar en las entrevistas y encuestas realizadas, que principalmente son nicaragüenses que se encargan de la corta del cultivo de la caña de azúcar. Sin embargo, suelen contar con condiciones salariales menos competitivas con respecto al pago a personal nacional, que en general es un trabajo sumamente difícil y que es bajamente remunerado, aun así, en periodo de cosecha se tiene que es una fuente sumamente importante de ingresos y activación económica para muchos de los pobladores del distrito y de la zona en general, siendo ventajoso para el desarrollo socioeconómico del distrito, de igual forma la piña y el café son favorables en el desarrollo del distrito y del cantón. (León Sáenz & Arroyo Blanco, 2012)

En tanto a nivel general los teleacoplamientos de los productos antes detallados denotan como las relaciones distantes suelen abarcar distintas escalas, además siguen desarrollándose mediante sus interrelaciones, retroalimentaciones y flujos multidireccionales entre los SA, es decir, el sistema de envío y los sistemas de recepción, en los cuales al momento de realizar esta investigación, no se identificaron sistemas de desbordamiento directo que afectaran colateralmente a los sistemas principales identificados. Sin embargo, se puede mencionar que estos flujos de productos tienen una repercusión indirecta en cuanto al desarrollo agrícola de otros cultivos que no surgen con la misma fuerza que estos. En tanto, como se explicó anteriormente, en el caso del cultivo de piña llegó en su momento a desplazar una gran área de café, debido a las dinámicas distantes de los mercados, cambiando así el sistema natural del área de estudio.

Conclusiones

Como cierre del trabajo, se determina la consecución de cada uno de los objetivos planteados para la investigación. Desde el marco del SES se logró caracterizar y entender las dinámicas socioeconómicas y biofísicas que están presentes en el paisaje de Cajón, además se logró comprender cuáles son las principales relaciones entre los aspectos biofísicos y las dinámicas socioeconómicas en la estructura paisajística del área de estudio. Asimismo, tuvo la funcionalidad de ser un insumo relevante para el desarrollo del capítulo final sobre el teleacoplamiento.

La caracterización a partir de los sistemas socioecológicos de los conjuntos biofísicos y socioeconómicos del distrito Cajón arroja una relación estrecha entre ambos sistemas. Lo cual queda evidenciado en como el sistema de recurso y la unidad de recurso se configuran gracias a las características de topografía, suelo, geomorfología, y tipo de clima, que son vitales en la producción de cada uno de los cultivos analizados (MAG, 1991a, 1991b; Chaves Solera, 2008; ICAFE, 2011). A su vez, influyen bidireccionalmente en las dinámicas poblacionales y socioeconómicas dentro del distrito, pues se logró identificar una dependencia por parte de la población en los períodos de crecimiento y remplazo de estos cultivos que influyen directamente en las dinámicas ya mencionadas, de igual forma, el desarrollo de estos cultivos están determinados por las condiciones comerciales, socioeconómicas y de políticas socioeconómicas que involucran un tejido organizacional diverso como se pudo constatar.

En lo correspondiente a la composición paisajística e identificación de los procesos de transformación que se desarrollaron a través de las clasificaciones supervisadas, se debe indicar la eficacia del modelo RF para detectar las coberturas, dando resultados con parámetros pertinentes para decir que la clasificación de ambos períodos está en rangos convenientes. Además, la validación determinó dicha eficacia del modelo, tanto con las estadísticas estimadas como con las imágenes de apoyo y el trabajo de campo, dejando en evidencia la potencialidad de los modelos de ML y la utilidad de los usos de lenguaje de programación en plataformas web.

De los resultados de las clasificaciones supervisadas se observa cómo los cambios dentro del paisaje se han desarrollado principalmente en las secciones sur e intermedias del área en cuestión, ya que la parte norte que limita con el PNC no ha presentado cambios

significativos, sin embargo, el pie de monte de esta sección ha sido impactado por la incursión de cultivos como el café y los pastos para ganado bovino. A su vez según datos de personas entrevistadas, esto en parte se debe a la llegada de nuevos capitales de inversión a la zona (entrevistas del capítulo del SES), aun así, se tiene un incremento de bosque según los datos de ambas clasificaciones, siendo aquellas áreas de retroceso del cultivo de café donde ganó terreno la cobertura de bosque, principalmente en las zonas rivereñas donde se establecen parcelas de piña y en zonas que eran pastizales en 1997. El cultivo de caña de azúcar aumentó su producción, manteniéndose como un cultivo de tradición en la zona y que conserva su estabilidad en la dinámica socioeconómica de Cajón (Chaves & Chavarría, 2012), lo cual se asocia a un mercado poco cambiante, además su consumo es mayormente local según evidencia las entrevistas ya mencionadas y trabajos como los de (Chaves Solera, 2008; Arias & Sánchez, 2010), a pesar de que suele exportarse cierto volumen de la producción a mercados internacionales.

Por último, el marco del teleacoplamiento proporcionó satisfactoriamente una visión analítica más amplia de las interacciones socioeconómicas y ambientales distantes de los procesos comerciales de los productos agrícolas; abordados mediante los sistemas de envío y de recepción en conjunto con los agentes, los flujos, causas y efectos, detallando cómo se da el proceso de configuración de los usos de la tierra y el paisaje por medio de procesos distantes a diversas escalas. Este análisis se configuró con el capítulo 3 de cambios espacio-temporales y el capítulo 2 de los sistemas socioecológicos, siendo insumos sumamente relevantes para detallar estos procesos distantes entre los sistemas naturales y socioeconómicos del caso estudiado.

Como consecuencia del análisis del MT y los capítulos anteriores, se identifica como la interacción entre los sistemas de envío y recepción desencadenaron procesos de configuración del uso de la tierra mediante la retroalimentación de los sistemas acoplados a través de la oferta y la demanda de los productos de café, piña y azúcar en un flujo comercial de producto. En el caso del café se logra identificar como estos procesos distantes han hecho que el cultivo se desplace altitudinalmente dentro del distrito, a su vez que se haya dado una especialización tecnológica tanto del cultivo como de los entes y estructuras para desarrollar la agrocadena de exportación, por otra parte, los precios de mercado y la producción mundial ha hecho que se dé una sobreoferta afectando los precios, sin embargo por las características biofísicas del sitio ha propiciado la producción de un

producto de alta calidad que logra competir en los mercados internacionales por lo que su desarrollo en zonas de elevaciones superiores a los 700 msnm se seguirán dando mientras las condiciones comerciales así lo permitan.

Por su parte, la piña al ser un producto que cuenta con un alto nivel de especialización tecnológica esto le brinda gran calidad, haciendo que el producto sea apetecido por los mercados y por ende influye en su dinámica de producción y comercio. Si embargo por las condiciones topográficas del área en cuestión se cree que su expansión es poco probable, sin embargo, el proceso que se pueda dar en su predio actual puede variar, debido a que PINDECO se especializa cada vez más y el actual flujo de piña pinkglow que se da hacia EE. UU desde Buenos Aires (Mena Hernández, 2020) puede llegar a desarrollarse dentro del distrito, pues este producto cuenta con gran inversión de capital extranjero aumentando las posibilidades de cambio estimuladas por estos capitales. Por último, en el cultivo de caña de azúcar, se identificó que es un producto que tiene gran injerencia en el distrito pero que el principal impacto lo tiene el entorno local, debido a un tema de regulación institucional, por su parte según entrevistados (Capítulo 2 sistemas socioecológicos) los excedentes de producto son los que suelen exportarse fuera del país, por lo que se identificó un flujo de producto a mercados europeos, que a futuro puede tener mayor peso en la zona, de igual manera el emplazamiento del cultivo está directamente vinculado a las dinámicas comerciales como a las características biofísicas del área de estudio.

Es importante decir que se logra evidenciar una clara intervención de fuerzas de mercado, políticas económicas e inyección de capitales extranjeros que tienen repercusiones directas en la estructura y configuración actual del paisaje del distrito Cajón, además históricamente la interacción entre los sistemas de envío y recepción desencadenaron procesos de configuración del uso de la tierra mediante la retroalimentación de los sistemas acoplados a través de la oferta y demanda de estos productos. En la actualidad estos son los teleacoplamientos que mayor peso tienen en la configuración del paisaje, pero esto podría variar según las dinámicas del mercado y el surgimiento de nuevos productos que pueden llegar a cambiar las coberturas y por tanto el paisaje del distrito. Ahora bien, se logra observar varios inconvenientes que surgen de las interacciones entre el recurso agrícola y las dinámicas socioecológicas, donde la ausencia de un PRC deja al distrito desprovisto de control en aspectos técnicos en cuanto a la funcionalidad de los terrenos que garantice un

uso adecuado, la seguridad ciudadana, la conservación del suelo, conservación del medio ambiente y sus recursos. Consecuentemente con lo antes mencionado, se determinan problemáticas ambientales que coinciden con la deficiencia en conservación del recurso del suelo, tales como; contaminación por sistemas de quema de cultivos (caña, piña), quema y entierro de basura, tala de árboles, caza ilegal, sedimentación y contaminación del recurso hídrico. Por ende, es importante tomar medidas tanto por parte de los distintos actores locales como las organizaciones gubernamentales, para mejorar las condiciones de preservación ambiental a nivel general, y se dé un equilibrio entre las actividades agrícolas y el medioambiente, ya que estas actividades son de suma importancia para el desarrollo socioeconómico de la población del distrito de Cajón y en general del cantón Pezeteño.

Recomendaciones

De acuerdo a lo investigado a lo largo del trabajo es importante precisar en la necesidad de ampliar la realización de estudios multiescalares. En este caso sería vital abordar este estudio a futuro hacia la totalidad del cantón, visto a detalle para cada distrito para así poder comprender como estas fuerzas externas del entorno global capitalista influyen en los medios rurales y urbanos de nuestro contexto, es decir como la globalización a través de procesos distantes interviene en los eventos que suceden en zonas puntuales y a escalas de detalle más finas pero que es un fenómeno que suele ampliarse a escalas más amplias. De igual forma desde las distintas instituciones gubernamentales se debe hacer un mayor esfuerzo para generar en las distintas disciplinas del saber, investigaciones que aporten conocimiento a las regiones externas de la Gran Área Metropolitana e incentivar a las y los investigadores a generar estudios en estas zonas, pues es una tendencia el encontrarse con grandes limitaciones a la hora de encontrar trabajos académicos en estas zonas. Para el caso específico de este trabajo final de graduación, se encontró este problema como limitante para desarrollar el trabajo, pues la falta de información previa no permitía expresamente vislumbrar las dinámicas de la zona y su entorno.

Ahora bien, otra recomendación que nace de la presente investigación, es la necesidad de que se dé un mayor control en los entornos rurales para el ordenamiento agrícola, con la finalidad de preservar el recurso hídrico, el suelo, los ecosistemas y el ambiente en general, lo cual se asocia a la falta de herramientas en ordenamiento territorial que ha afectado estos recursos a lo largo del tiempo dentro del distrito, por tanto es importante el llevar a cabo la

implementación de estas herramientas para poder regular la preservación de recursos, mejorar la producción agrícola y que haya un bienestar general de la sociedad del distrito y del cantón en general.

Finalmente hacer hincapié en la falta de mejora por parte del sector gubernamental costarricense en el suministro, calidad y adquisición de datos para poder desarrollar con mayor detalle este tipo de estudios. Actualmente es muy difícil recibir información de los distintos entes gubernamentales, siendo tendencia no recibir respuesta, que estas sean negativas o que cuando se logra obtener la información esta tiende a ser deficiente. Por tanto es importante mejorar a nivel general por parte de las instituciones gubernamentales el registro claro de la información de producción agrícola (cantidad de producto, área del cultivo, precio por unidad de productos, comercialización nacional e internacional del producto) ya que esto permitiría desarrollar estudios que profundicen en la comprensión de las dinámicas en los entornos rurales, además con ello se lograría mejorar los sistemas de control a través de la observación de aspectos a mejorar. Importante destacar que aquellos aspectos negativos vistos del sector agrícola en esta investigación es un ejemplo claro de que son cosas por corregir, no es que se deban trancar los sistemas de producción, pues estos son de suma relevancia para la sociedad, sin embargo, se debe atender aquellos aspectos ineficientes para optimizarlos y encontrar un equilibrio entre producción, naturaleza y sociedad.

Bibliografía

- Acuña, E., Molina, J., & Rodríguez, S. (2017). Análisis De La Estructura Del Paisaje En El Corredor Biológico Alexander Skutch, Pérez Zeledón, En Los Años 2005, 2012 Y 2016. In *Tesis para optar el grado académico de licenciatura en ciencias geográficas con énfasis en ordenamiento del territorio*. <https://docplayer.es/76433648-Analisis-de-la-estructura-del-paisaje-en-el-corredor-biologico-alexander-skutch-perez-zeledon-en-los-anos-2005-2012-y-2016.html>
- Acuña González, G. (2004). *Diagnóstico, situación y condiciones de la agroindustria piñera en Costa Rica*. <https://laborrights.org/sites/default/files/publications-and-resources/CR Pineapple Spanish.pdf>
- Alemán, B. (2014). *Ecología del paisaje: análisis de la pérdida y fragmentación de ecosistemas boscosos en el sector noreste de la Reserva Forestal Golfo Dulce, 1979 - 2013. Puntarenas, Costa Rica*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica]. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2055>
- Anlló, G., Bisang, R., & Salvatierra, G. (2010). Cambios estructurales en las actividades agropecuarias. De lo primero a las cadenas de valor. In *Cepal*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/3804-cambios-estructurales-actividades-agropecuarias-lo-primario-cadenas-globales>

- 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://www.revistas.una.ac.cr/index.php/dialogo/article/download/8449/9524>
- Aravena Bergen, J. (2005). LA EXPANSIÓN PIÑERA EN COSTA RICA. *La realidad de los perdedores de la agroindustria exportadora de la piña*. 56. <https://coecoceiba.org/wp-content/uploads/2013/12/expansion-piñera-costa-rica-1.pdf>
- Arguedas González, C., Vargas Bolaños, C., & Miller Granados, C. (2021). *Informe: Monitoreo del estado de la piña en Costa Rica para el año 2019*. https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/8255/Arguedas_C_Informe_monitoreo_estado_pina_CR_2019_perdida_ganancia_cobertura_forestal_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arias, R., & Sánchez, L. (2010). Competitividad, especialización y mercado laboral en el cantón de Pérez Zeledón: Un análisis de economía regional. *Revista de Ciencias Económicas*, 28(1), 1–42. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/economicas/article/download/7070/6755/>
- Ariza, A. (2013). Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission). *Centro de Investigación y Desarrollo En Información Geográfica Del IGAC -CIAF*, 46. <http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>
- Balázs, B., Bíró, T., Dyke, G., Singh, S. K., & Szabó, S. (2018). Extracting water-related features using reflectance data and principal component analysis of Landsat images. *Hydrological Sciences Journal*, 63(2), 269–284. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1425802>
- 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. *Dieca*. <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/mvvkHowpaOGMEFvIDJRAIVheHxlyFREE>
- Baume, G. L. (2021). *Breve introducción a Google Colab*. 1–11. <http://fcaglp.unlp.edu.ar/~gbaume/grupo/Publicaciones/Apuntes/GoogleColab.pdf>
- Bautista, J., & Fabron, G. (2017). Paisajes productivos actuales y pasados en el sector norte de la Quebrada de Humahuaca. *Anuario de Arqueología, Rosario*, 9, 53–80. <http://rephip.unr.edu.ar/handle/2133/9412>
- Bermúdez, T. (2001). *Probabilidad de cambio y factores del uso de la tierra en la franja comprendida entre los Parques Nacionales Volcán Irazú y Volcán Turrialba*. [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE]. <http://201.207.189.89/handle/11554/5440>
- Bertani, L., Peña, O., & Ambrosio, M. (2003). La degradación de la tierra en el Departamento Minas (provincia de Neuquén), a través de la Evaluación geoecológica de los paisajes. *Boletín Geográfico*, 23, 39–50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5017794>
- Bertsch, F. (2006). El recurso de la tierra en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 30(1), 133–156. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5018150.pdf>
- Bertsch, F. (2005). El recurso tierra en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 30(1), 133–156. http://www.mag.go.cr/rev_agr/v30n01_133.pdf
- Boca, T., & Rodríguez, G. (2012). *Métodos estadísticos de la evaluación de la exactitud de productos derivados de sensores remotos*. <https://inta.gob.ar/documentos/metodos-estadisticos-de-la-evaluacion-de-la-exactitud-de-productos-derivados-de-sensores-remotos>
- Bonatti, J., Borge, C., Bernal, H., & Paaby, P. (2005). *Efectos ecológicos del cultivo de la*

- piña en la cuenca media del Río General-Térraba de Costa Rica.* (Issues 4 Informe técnico. Elaborado por Sociedad de Estudios para el Desarrollo Rural-SEDER para The Nature Conservancy-TNC.). http://www.pnp.cr/sites/default/files/documentos/seder-tnc_2006_efectos_ecologicos_del_cultivo_de_la_pina_en_la_cuenca_media_del_rio_general_terraba.pdf
- Brenes Gamboa, S. (2007). Caracterización vegetativa y productiva del cultivar MD-2 de piña (*Ananas comosus*) bajo las condiciones climáticas de Turrialba. *InterSedes*, 6(11), 27–34. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/intersedes/article/view/948>
- Caba Villalobos, N., Chamorro Altahona, O., & Fontalvo Herrera, T. J. (2011). *Gestión de la producción y operaciones* (C. para la G. del C. A. del 2000 (ed.); 2nd ed.). https://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros_internet/55847.pdf
- Cabrera, J. A., & Zuaznabar, R. (2010). Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. balance del carbono. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 5–13. https://www.researchgate.net/publication/262520676_Impacto_sobre_el_ambiente_d_el_monocultivo_de_la_cana_de_azucar_con_el_uso_de_la_quema_para_la_cosecha_y_la_fertilizacion_nitrogenada_I_Balance_del_Carbono
- Camacho, M. E., Quesada-Román, A., Mata, R., & Alvarado, A. (2020). Relaciones suelo-geomorfología de abanicos aluviales en Costa Rica. *Geoderma Regional*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00258>
- Camacho, M. E., Quesada Román, A., Mata, R., & Alvarado Hernández, A. (2020). Soil-geomorphology relationships of alluvial fans in Costa Rica. *Geoderma Regional*, 21(February), 12. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00258>
- Cámara Productores de Caña Zona Sur. (2022). *Historia de la Asociación Cámara de Productores de Caña de la Zona Sur*. <http://camara.hgsitebuilder.com/quienes-somos>
- Castro Salazar, M., Gómez Ramírez, R., Borge Carvajal, C., Quesada Saravia, L., Edgerton Picado, L., & Vargas Chacón, V. (2022). *Plan de acción regional para la adaptación al cambio climático 2022-2026. Región Brunca*. https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2022/01/Plan-de-Accion-ACC_Region-Brunca_.pdf?x76782
- CENIGA. (2020). Descripción del Sistema de Clasificación de Uso y Cobertura de la Tierra. *Ambienticos*, 273, 23–34. http://www.ambientico.una.ac.cr/pdfs/art/ambientico/273_23-34.pdf
- Chavarría Soto, E., Barrantes Mora, J. C., Villalobos Méndez, C. L., & Valverde Araya, W. (2015). Actualización de la reacción a la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) de las principales variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en ciclo de caña planta en Costa Rica durante el año 2014. In *Dieca* (Issue 506). <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/DfFWAkYAHtccMWIYTquotSIDqUEHnSkI>
- Chaves, M., & Chavarría, E. (2012). ¿Cómo se distribuye y dónde se cultiva territorialmente la caña destinada a la fabricación de Azúcar en Costa Rica? *Dieca*, 2(506), 1–53. <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/wEIIIMwEJoViCoEDklhoXHwSVoVdvTVz>
- Chaves Solera, M. (2008). ¿Por qué se cultiva predominantemente una sola variedad de caña de azúcar en la región sur de Costa Rica? *2006*(506), 1–24. <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/LRndFFHIMamQWGjcExjEKXAakBrbsjn>
- Chaves Solera, M. (2019). *Resultado Final de la Zafra 2018-2019 en Costa Rica: un periodo agroindustrial con grandes diferencias y contrastes*. <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/LRndFFHIMamQWGjcExjEKXAakBrbsjn>

- cv-biblioteca/index.php/Library/download/yWCKhLgwOeiOvQoFEuJKfdrtelkxnMYD
- Chuvienco, E. (2008). Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio. In A. S.A (Ed.), *International Journal of Remote Sensing* (3rd ed.).
- Chuvienco, E. (2016). Fundamentals of Satellite Remote Sensing. In *Springer Water* (2nd ed.). https://doi.org/10.1007/978-3-031-15549-9_1
- Congedo, L. (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6(August), 1–225. <https://doi.org/10.21105>
- Contreras Solera, M., & Díaz Porras, 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*, 0(29), 43–72. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales/article/download/9284/1107/>
- CoopeAgri R.L. (2020). *Informe anual 2020*. http://www.coopeagri.co.cr/wp-content/uploads/2021/07/Informe_anual_CoopeAgri_2020.pdf
- Cortes, H., Rincón, L., & Sarmiento, I. (1998). Un recorrido a través del paisaje. *Cuadernos de Geografía*, 7(2), 165–215. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6581684.pdf>
- Dehkordi, A. T., Zoej, M. J. V., Ghasemi, H., Ghaderpour, E., & Hassan, Q. K. (2022). A New Clustering Method to Generate Training Samples for Supervised Monitoring of Long-Term Water Surface Dynamics Using Landsat Data through Google Earth Engine. *Sustainability (Switzerland)*, 14(13). <https://doi.org/10.3390/su14138046>
- Del Toro, N., Gomariz, F., Cánovas, F., & Alonso, F. (2015). Comparación de métodos de clasificación de imágenes de satélite en la cuenca del río argos (Región de Murcia). *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 2015(67), 327–347. <https://doi.org/10.21138/bage.1828>
- Delgado serrano, M. del M., & Ramos, P. (2015). Making Ostrom's framework applicable to characterise social ecological systems at the local level. *International Journal of the Commons*, 9(2), 23. <https://www.jstor.org/stable/26522849>
- Delpino Aguayo, M. A., Portillo Sosa, V. M., & Mora Stanley, C. R. (2018). Evaluación de índices espectrales derivados de sensores remotos para la caracterización de ambientes de humedales. *Embrapa Informática Agropecuária/INPE*, 112–121. <https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/Anais-Geopantanal/pdfs/p15.pdf>
- Díaz Aguilar, R. D., Sanchez Larico, S. V., Lujano Laura, E., & Lujano Laura, A. (2017). Análisis multi-temporal entre 1975 y 2015 sobre cambios de la cobertura glaciar en los nevados Allin Capac y Chichi Capac, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 19(3), 265–274. <https://doi.org/10.18271/ria.2017.291>
- Diniz, M. B., Paixão Alves, V. Da, & Teixeira Diniz, M. J. (2018). ¿Refleja el uso de la tierra en la Amazonia un fallo del mercado? Un análisis de los servicios ambientales de la Amazonia desde la perspectiva del costo de oportunidad. *Revista de La CEPAL*, 126, p109-129. <https://web-s-ebsochost-com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=6ce99f0c-6665-4fbe-bea3-f5f1a37f9613%40redis>
- DNEA. (2020). *Caracterización del área de influencia de la agencia de extensión agropecuaria de San Isidro del General*. http://www.mag.go.cr/regiones/region_brunca/caracterizacion-AEA-sanisidro.pdf
- Espinosa Zúñiga, J. J. (2020). Aplicación de algoritmos Random Forest y XGBoost en una base de solicitudes de tarjetas de crédito. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 21(3),

- 1–16. <https://doi.org/10.22201/FI.25940732E.2020.21.3.022>
- Fernández García, F. (2000). Introducción a la fotointerpretación. *Papeles de Geografía*, 37, 285–291. <https://www.redalyc.org/pdf/407/40703720.pdf>
- Fernández, I., & Herrero, E. (2001). El satélite landsat. Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ - satélite Landsat. *Universidad de Valladolid*. <http://www.cartesia.org/data/apuntes/teledeteccion/landsat-analisis-visual.pdf>
- Flores Solís, A., Gamboa Céspedes, A., Rosales Jenkins, E., Mena Elizondo, J., & Barrantes Hernández, T. (2021). *Efectos de la crisis originada por la pandemia del COVID-19 en las empresas del sector agroindustrial de la Región Brunca durante el 2021*. [Seminario de Graduación, Universidad Nacional de Costa Rica]. [https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/21775/Efectos de la crisis originada por la COVID-19 en las empresas del sector agroindustrial de la Región Brunca durante el 2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/21775/Efectos%20de%20la%20crisis%20originada%20por%20la%20COVID-19%20en%20las%20empresas%20del%20sector%20agroindustrial%20de%20la%20Regi%C3%B3n%20Brunca%20durante%20el%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- François Mas, J., Díaz Gallegos, J. R., & Pérez Vega, A. (2012). Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Investigaciones Geográficas*, 51, 53–72. <https://doi.org/10.14350/rig.30414>
- Friis, C., & Ostergaard Nielsen, J. (2017). Land-use change in a telecoupled world: the relevance and applicability of the telecoupling framework in the case of banana plantation expansion in Laos. *Ecology and Society*, 22(4). <https://www.ecologyandsociety.org/vol22/iss4/art30/>
- Galicia, L., & Rodríguez Bustos, L. (2017). Causas locales de la transformación del paisaje en una región montana del centro de México. *Acta Universitaria*, 26(6), 83–94. <https://doi.org/10.15174/au.2016.1168>
- GEE. (2022a). *ee.ImageCollection.randomColumn*. <https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/ee-imagecollection-randomcolumn>
- GEE. (2022b). *Landsat Algorithms*. <https://developers.google.com/earth-engine/guides/landsat#landsat-collection-structure>
- Geist, H. J., & Lambin, E. F. (2002a). Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *BioScience*, 52(2), 143–150. http://open-library.cirad.fr/e-learning/rada/res/Proximate_Causes_and_Underlying_Driving_Forces_of_Tropical_Deforestation.pdf
- Geist, H. J., & Lambin, E. F. (2002b). Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *BioScience*, 143–150. <https://academic.oup.com/bioscience/article/52/2/143/341135>
- González, X., & Marey, M. (n.d.). *Fotointerpretación de los usos del suelo*.
- Google Earth Engine. (2021). *USGS Landsat 8 Surface Reflectance Tier 1*. Earth Engine Data Catalog. https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT_LC08_C01_T1_SR#description
- Grau, R., & Gasparri, I. (2018). Los socioecosistemas de la Puna en contexto nacional y global. *Serie Conservación de La Naturaleza*, 24(November), 484–497. https://www.researchgate.net/publication/329075329_Los_socioecosistemas_de_la_Puna_en_contexto_nacional_y_global
- Guido 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), 9–18. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/download/4094/3921/>
- Gutiérrez, C. D., & Rica, D. C. (2001). Perfil de la actividad piñera en Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 13(3), 27–42. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/4583>
- Guzmán Sandí, L. (2016). *Coopecedral R.L. prospera con su turismo y su café*. Infocoop.

- https://www.infocoop.go.cr/COOPECEDRAL_PROSPERA
- Hersperger, A. M., Gennaio, M., Verburg, P. H., & Bürgi, M. (2010). Linking Land Change with Driving Forces and Actors: Four Conceptual Models. *Ecology and Society*, 15(2000), 17. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5116566.pdf>
- Herzberger, A., Chung, M. G., Kapsar, K., Frank, K. A., & Liu, J. (2019). Telecoupled Food Trade Affects Pericoupled Trade and Intracoupled Production. *Sustainability*, 11(10), 15. <https://www.canr.msu.edu/resources/telecoupled-food-trade-affects-pericoupled-trade-and-intracoupled-production-1>
- ICAFE. (2011). *Guía Técnica para el Cultivo del Café*. 1, 72. <http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA-V10.pdf>
- ICAFE. (2019a). *Actualización Área Cafetalera 2017 - 2018*. <http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/Actualizacion-Area-Cafetalera-2017-2018.pdf>
- ICAFE. (2019b). *Informe de la actividad cafetalera de Costa Rica: 2019*. 60. http://www.icafe.go.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/informes_actividad/anteriores/2009.pdf
- ICAFE. (2019c). *Instituto del Café de Costa Rica. Regional de Pérez Zeledón/Gerencia técnica. Plan Anual Operativo (octubre 2018 a septiembre 2019)*. http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/plan_operativo_anual/2018-2019/Regional de Perez Zeledon.pdf
- ICAFE. (2021). *Sector Productor (Caracterización) Pérez Zeledón, cosecha 2019-2020*. [http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/reportes_mercado/estadisticas_sector/Region es Cafetaleras/Presentacion/STD-PZ\(Presentacion\).pdf](http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/reportes_mercado/estadisticas_sector/Region es Cafetaleras/Presentacion/STD-PZ(Presentacion).pdf)
- ICAFE. (2023). *Instituto del Café de Costa Rica: Acerca del ICAFE*. <https://www.icafe.cr/icafe/acerca-del-icafe/>
- IDEAS. (2006). *El mercado internacional del café*. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REE71156.pdf>
- Iglesias Piña, D., & Ramírez Hernández, J. J. (2008). La formación de sistemas productivos locales. *Teoría y Praxis*, 4(5), 51–67. <https://doi.org/10.22403/uqroomx/typ05/04>
- Inder. (2016a). *Caracterización del Territorio Pérez Zeledón, año 2016*. <https://www.inder.go.cr/perez-zeledon/Caracterizacion-territorio-Perez-Zeledon.pdf>
- Inder. (2016b). *Plan de Desarrollo Rural del Territorio Pérez Zeledón 2016-2021*. <https://www.inder.go.cr/perez-zeledon/PDRT-Perez-Zeledon.pdf>
- INEC. (2021a). *Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2011*. <http://sistemas.inec.cr:8080/bininecmm/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=2011&lang=esp>
- INEC. (2021b). *Costa Rica: Censo Nacional de Población y Vivienda 1984*. <http://sistemas.inec.cr:8080/bininecold/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=1984&MAIN=WebServerMain.inl>
- INEC. (2021c). *Costa Rica: Censo Nacional de Población y Vivienda 2000*. <http://sistemas.inec.cr:8080/bininecold/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=2000&MAIN=WebServerMain.inl>
- Informe Estado de la Nación. (2017a). *Estado de la Nación 2017*. <http://www.asamblea.go.cr/sd/Documents/Estado de la Nación 2017 N° 23.pdf>
- Informe Estado de la Nación. (2017b). *Patrones y percepciones ciudadanas sobre medio ambiente y condiciones para el cambio*. 233–244. <http://www.asamblea.go.cr/sd/Documents/Estado de la Nación 2017 N° 23.pdf>
- Informe Estado de la Nación. (2019). *Programa Estado de la Nación. Informe Estado de la Nación 2019*. <https://estadonacion.or.cr/wp->

- content/uploads/2019/11/informe_estado_nacion_2019.pdf
- INTA. (2015a). Suelos de Costa Rica Orden Andisol. In *Boletín técnico- INTA*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Av-1828.PDF>
- INTA. (2015b). Suelos de Costa Rica Orden Entisol. In *Boletín técnico- INTA: Vol. 4 ed.* <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Av-1822.PDF>
- INTA. (2016). Suelos de Costa Rica Orden Ultisol. In *Boletín técnico- INTA*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Av-1604.PDF>
- Jardí, M. (1990). Paisaje: ¿una síntesis geográfica? *Revista de Geografía*, 24, 43–60. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=27734>
- Jiménez Guerra, A. M. (2017). *Dinámica de la estructura del paisaje y su relación con cambios en el uso de la tierra en los municipios de San Luis y San Francisco- Antioquia*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62205>
- Lambin, E. F., & Geist, H. J. (2006). *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts*. (1st ed.). Springer Berlin Heidelberg New York. https://doi.org/10.1007/978-4-431-54868-3_4
- 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(June), 205–241. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>
- León Alfaro, Y., González Brenes, F., & López Estébanez, N. (2022). Fuerzas centrífugas y centripetas en el Pacífico Sur de Costa Rica: los impactos de la expansión agroindustrial. *Investigaciones Geográficas*, 2022(77), 259–278. <https://doi.org/10.14198/INGEO.18875>
- 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* (SIEDIN (ed.)). Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas, Universidad de Costa Rica. [https://iice.ucr.ac.cr/iice_libros/libro caña completo.pdf](https://iice.ucr.ac.cr/iice_libros/libro%20ca%C3%B1a%20completo.pdf)
- Ley N° 7818 Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar, (1998). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=44897&nValor3=0&strTipM=TC
- Ley N° 7779 Uso, Manejo y Conservación de Suelos. Procuraduría General de la República-PGR; 30 de abril de 1998, 71 (1998). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=26421
- Liu, J., Herzberger, A. J., Kapsar, K., Carlson, A. K., & Connor, T. (2019). What Is Telecoupling? In *Telecoupling* (pp. 19–48). https://www.researchgate.net/publication/331946268_What_Is_Telecoupling
- Liu, J., Hull, V., Batistella, M., Defries, R., Dietz, T., Fu, F., Hertel, T. W., Izauralde, R. C., 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, Published Online: Jun 17, 2013 | Doi:10.5751/ES-05873-180226*, 18(2). <https://doi.org/10.5751/ES-05873-180226>
- MAG. (1991a). Agronomía y Poscosecha de la Piña. *Aspectos Técnicos Sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica*. http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-pina.pdf
- MAG. (1991b). *Cultivo de la caña de azúcar*. 178. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8327.pdf>
- Maglianesi Sandoz, 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://investiga.uned.ac.cr/revistas/index.php/biocenosis/article/view/611/507>
- Marín Valencia, A. L. (2010). Dinámica espacio-temporal del uso y cobertura del suelo en el paisaje cafetalero colombiano. [Tesis de maestría, Universidad de Chile.]. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Martínez, T., & Ruíz, K. (2015). ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE (2014). Informe Final Treinta años de Metamorfosis Urbana Territorial en el Valle Central. *Biblioteca de CONARE*. <http://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/618>
- McCook, S. (2009). La Roya del café en Costa Rica: Epidemias, innovación y medio ambiente, 1950-1995. *Revista de Historia*, 59–60, 99–117. <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/historia/article/view/3471>
- 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 Hernández, S. (2020). *Análisis y Monitoreo de Mercados: Piña*. https://www.cnp.go.cr/sim/sector_agricola/frutas/pina/2020/M_Pina_02_30-10-2020.pdf
- Mendoza, D. (2002). Clasificación supervisada. *Cirugía Del Uruguay*, 44(Sup 2), 8–9. https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/420032_868e9ba2d1b74f3488441e9876dc5064.html
- Michigan State University. (2019). *Telecoupling Toolbox*. <https://telecouplingtoolbox.org/>
- Miranda, M. (1985). Cambio en el uso del suelo en General Viejo de Pérez Zeledón. In *Revista Geográfica de América Central* (Vols. 17–18, pp. 99–121). <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/3025>
- MIVAH. (2021). *Informe de gestión de la Mesa Interinstitucional de Impulso a los Planes Reguladores*. https://mivah.cr/Documentos/MIIPR/MIIPR-Informe-002_2021.pdf
- Montero Mora, A. (2014). Una aproximación a los cambios en el paisaje en el Valle Central de Costa Rica (1820-1900). *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña*, III (2), 276–309. <https://www.halacsolcha.org/index.php/halac/article/view/134>
- Montero Mora, A., & Viales Hurtado, R. (2015). La Teoría Del Cambio En El Paisaje a Partir Del Cambio Del Uso De La Tierra Y La Cobertura Del Suelo (Enfoque Lucc). Su Utilidad Para La Historia Ambiental. *Rev. Reflexiones*, 94(2), 25–33. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/reflexiones/article/view/25385>
- Montero Solís, R. (2021). *Información de la región de desarrollo Brunca*. http://www.mag.go.cr/regiones/region_brunca/INFORME-Region-Brunca.pdf
- Montoya, F., & Espinoza, E. (2019). Campesinos, ambiente y bienestar: La producción sostenible campesina y el bienestar en el Corredor Biológico Alexander Skutch. In *Proyecto No. B9336, Universidad de Costa Rica*.
- Mora Segura, N. (2008). *Agrocadena de Café*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-9314.pdf>
- Múgica, M., José, de L., Martínez, C., Sastre, P., Atauri, J., & Montes, C. (2002). La fragmentación del paisaje como principal amenaza a la integridad del funcionamiento del territorio. In *Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos*. (pp. 27–31). Dirección General de la RENP y Servicios Ambientales Consejería de Medio Ambiente Junta de Andalucía. <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnnextoid=69afec2faab67010VgnVCM1000000624e50a>

- RCRD&vgnnextchannel=1f27dfde043f4310VgnVCM1000001325e50aRCRD
Municipalidad de Pérez Zeledón. (2021). *El clima*.
<https://www.perezzeledon.go.cr/index.php/turismo/informacion-turistica/el-clima.html>
- Muñoz, P. (2013). Apuntes de Teledetección: Índices de vegetación. *Centro de Información de Recursos Naturales*, 15.
[http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26389/Tema Índices de vegetación%2C Pedro Muñoz A.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26389/Tema%20Indices%20de%20vegetacion%20Pedro%20Muñoz%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mutanga, O., & Kumar, L. (2019). Google earth engine applications. In *Remote Sensing* (Vol. 11, Issue 5). <https://doi.org/10.3390/rs11050591>
- Nagendra, H., & Ostrom, E. (2014). Applying the social-ecological system framework to the diagnosis of urban lake commons in Bangalore, India. *Ecology and Society*, 19(2), 18.
<http://www.ecologyandsociety.org/vol19/iss2/art67/>
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325, 419–422.
<http://science.sciencemag.org/content/325/5939/419>
- Peters Solórzano, G. (2004). Exportadores y consignatarios del café costarricense a finales del siglo XIX. *Revista de Historia*, 0(49–50), 59–109.
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/historia/article/download/1783/1689/0>
- Presidencia de la República de Costa Rica. (2020). *Exportaciones de café desde Pérez Zeledón aumentarán gracias a nueva planya y equipos especializados*.
<https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/11/exportaciones-de-cafe-desde-perez-zeledon-aumentaran-gracias-a-nueva-planta-y-equipos-especializados/>
- Quesada Román, A., & Díaz Bolaños, R. (2019). Impactos ambientales de la colonización agrícola en Coto Brus, Costa Rica (1940-2018). *Revista Geográfica de América Central*, 2(63), 215–247. <https://doi.org/10.15359/rgac.63-2.8>
- Quesada Román, A., & Zamorano Orozco, J. J. (2018). Peligros Geomorfológicos en Costa Rica: Cuenca Alta del Río General. *Anuario Do Instituto de Geociencias*, 41(3), 239–251. <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/29718/0>
- Quesada Román, A., & Zamorano Orozco, J. J. (2019a). Geomorphology of the Upper General River Basin, Costa Rica. *Journal of Maps*, 15(2), 94–100.
<https://doi.org/10.1080/17445647.2018.1548384>
- Quesada Román, A., & Zamorano Orozco, J. J. (2019b). 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. <https://doi.org/10.14350/rig.59843>
- Quintero Rizzuto, M. L., & Rosales, M. (2014). El mercado mundial del café: tendencias recientes, estructura y estrategias de competitividad. *Visión Gerencial*, 2, 291–307.
<https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545897005.pdf>
- Raya Rey, A., Pizarro, J. C., Anderson, C. B., & Huettmann, F. (2017). Even at the uttermost ends of the Earth: how seabirds telecouple the Beagle Channel with regional and global processes that affect environmental conservation and social-ecological. *Ecology and Society*, 22(4), 15.
https://www.researchgate.net/publication/321261993_Even_at_the_uttermost_ends_of_the_Earth_how_seabirds_telecouple_the_Beagle_Channel_with_regional_and_global_processes_that_affect_environmental_conservation_and_social-ecological_sustainability
- Retana, J. A., & Solano, P. (2012). *Mejoramiento de las capacidades nacionales para la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación del sistema hídrico al cambio climático en Costa Rica, como mecanismo para disminuir el riesgo al cambio climático y aumentar el Índice de Desarrollo Humano*.

- <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/AdaReHiCRCC/offline/download.pdf>
- Rodríguez Martínez, F. (1979). En torno al valor actual del paisaje en Geografía. *Cuadernos Geográficos de La Universidad de Granada*, 9, 23–42. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2194032>
- Sáenz Segura, F., & Chaves Moreira, J. M. (2013). La Institucionalidad del Sector Agropecuario Costarricense: evolución y efectos sobre el desarrollo del sector. In *Vigésimo Informe Estado De La Nación En Desarrollo Humano Sostenible*. https://drive.google.com/drive/folders/1PgtNsmdwlr_3eZkbqRQjxITLwG_1lmo
- Salazar, M., Campos, J., Prins, C., & Villalobos, R. (2007). *Restauración del paisaje en Hojanca, Costa Rica* (Issue N° 357. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE). https://www.researchgate.net/publication/283266290_Restauracion_del_paisaje_en_Hojanca_Costa_Rica
- Sánchez, H., & Solís, O. (2016). *Análisis de la estructura del paisaje y su relación con la ocupación del territorio durante los años 1976-2013 en el distrito de Cahuita, Talamanca*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Costa Rica.]. http://www.geo.una.ac.cr/phocadownload/Trabajo_de_Graduacion/2016/alonsoSolis_alonsoSanchez.pdf
- Sandoval Herrera, J. A. (2018). *Pagos por servicios ambientales: una aproximación desde el enfoque de los sistemas socio-ecológicos* [Tesis de licenciatura, Universidad del Valle]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/12270/0582456-3340-E.pdf;jsessionid=EB0E2B18FF6C9290608A2175833DC681?sequence=1>
- Sasa, K., González, A., Fernández, J., & Peña, M. (2017). *Monitoreo de cambio de uso en paisajes productivos*.
- SEPSA. (2015). *Plan regional de desarrollo agropecuario y rural 2015-2018. Región Brunca*. http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Documents/PRDAR_2015-2018_Brunca.pdf
- SESIÓN ORDINARIA 001-2020 ACTA N° 001, Pub. L. No. Acta N° 001, 19 (2020). https://www.perezzeledon.go.cr/index.php/municipalidad/documentos-y-descargas/actas-municipales/category/331-mayo-2020.html?switch_to_desktop_ui=1?date=2018-01-24-08-00%27; echo ?date=2018-12-07-09-00
- SESIÓN ORDINARIA 015-2020 ACTA N° 015, Pub. L. No. Acta N° 015, 45 (2020). https://www.perezzeledon.go.cr/index.php/municipalidad/documentos-y-descargas/actas-municipales/category/331-mayo-2020.html?switch_to_desktop_ui=1?date=2018-01-24-08-00%27; echo ?date=2018-12-07-09-00
- Sierra, R., Cambroner, A., & Vega, E. (2016). *Patrones y factores de cambio de la cobertura forestal natural de Costa Rica, 1987-2013* (Issue Informe final del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques-FCPF). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33135.74406>
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación-SINAC. (2018). *Plan de Gestión del Corredor Biológico Alexander Skutch. Proyecto Implementación del Programa Nacional de Corredores Biológicos en el marco de la Estrategia Nacional de Biodiversidad de Costa Rica SINAC/GIZ*. (Issue September 2020). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11998.46404>
- Sun, J., Tong, Y., & Liu, J. (2012). Telecoupled land-use changes in distant countries. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(2), 447–461.

- <https://www.canr.msu.edu/resources/telecoupled-land-use-changes-distant-countries>
- Tesser, C. (2000). Algunas reflexiones sobre los significados del paisaje para la geografía. *Revista de Geografía Norte Grande*, 27, 19–26. <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/10431/000313714.pdf?sequence=1>
- Tonini, F., & Liu, J. (2017). Telecoupling Toolbox: spatially explicit tools for studying telecoupled human and natural systems. *Ecology and Society*, 22(4), 13. <https://www.ecologyandsociety.org/vol22/iss4/art11/>
- Turpo, E., & Chaves, J. (2017). Google Earth Engine como herramienta de detección de cambios espaciales e multitemporales: Caso glaciar Quelccaya, Perú. *Anais Do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR, 1999*, 4227–4234. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- USGS. (2021). *Landsat Collection 2, level 2 Science Products*. Science for a Changing World (USGS). <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-collection-2-level-2-science-products>
- Vargas Bolaños, C., Miller Granados, C., & Arguedas González, C. (2020). *Informe: Monitoreo del estado de la piña en Costa Rica para el año 2018*. https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/7892/Vargas_C_Informe_monitoreo_pina_CR_ano_2018_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vargas Bolaños, C., Miller Granados, C., & Orozco Montoya, R. (2017). *Actualización del paisaje productivo piñero al año 2016, publicado a través del visor del Sistema Nacional de Información Territorial* (Issue 506).
- Vargas Sanabria, D., & Campos Vargas, C. (2018). Sistema multi-algoritmo para la clasificación de coberturas de la tierra en el bosque seco tropical del Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 31(1), 58. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3497>
- Vázquez, P., Sacido, M., & Zulaica, L. (2012). Transformaciones agroproductivas e indicadores de sustentabilidad en la cuenca del río Quequén Grande (provincia de Buenos Aires, Argentina), durante los períodos 1988-1998 y 1998-2008. *Cuadernos Geográficos*, 50, 119–146. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/viewFile/553/642>
- Vignola, R., Otárola, M., Majano, A., & Kilian, B. (2014). *Metodología para la evaluación del entorno político, socioeconómico y ambiental para un programa de crecimiento verde e inclusivo: estudio de caso en paisajes productivos de Costa Rica*. http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/8247/Metodologia_para_la_evaluacion_del_entorno_politico.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vignola, R., Poveda Coto, K., Watler, W., Vargas Céspedes, A., & Berrocal Solís, Á. (2018). *Prácticas efectivas para la reducción de impactos climáticos. Cultivo de caña en Costa Rica*. 1–85. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8327.pdf>
- Vignola, R., Watler, W., Poveda Coto, K., & Vargas Céspedes, A. (2018). *Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de café en Costa Rica*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-cafe.pdf>
- Volcafé. (2023). *Volcafe Specialty: Who We Are*. <https://volcafespecialty.com/who-we-are/>