

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



ESCUELA DE POSGRADO

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN
CIENCIAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE CON MENCIÓN
EN ECONOMÍA DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**

**EFECTO DE LA MIGRACIÓN INVERSA POR LA COVID -19
EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA DE LAS
POBLACIONES RURALES**

Autor:

Ms. Segundo Grimaldo Chavez Quintana

Asesora:

PhD. Ligia Magali García Rosero

Co - Asesor:

Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz

Registro: (...)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2023

Agradecimiento

Este trabajo fue subvencionado según contrato [075-2021-PROCIENCIA] por el CONCYTEC a través del programa PROCIENCIA en el marco del “Proyecto de Cooperación con la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo – AECID”, formalizado mediante la Resolución de la Presidencia de AECID, de fecha 09 de junio de 2021.

Autoridades de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas

Ph.D. Jorge Luis Maicelo Quintana

RECTOR

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. María Nelly Luján Espinoza

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO

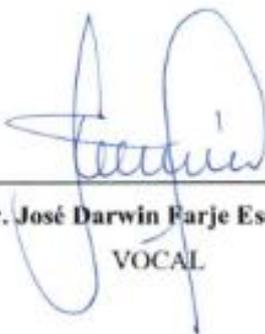
Jurado evaluador de la tesis



Dr. Fidel Ernesto Crisanto Gomez
PRESIDENTE



Dra. Mariel del Rocío Chotón Calvo
SECRETARIA



Dr. José Darwin Farje Escobedo
VOCAL

Constancia de originalidad de la tesis



ANEXO 3

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis ()/Tesis (X)/Tesis en formato de artículo científico () titulado:

EFECTO DE LA MIGRACIÓN INVERSA POR LA COVID-19 EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA DE LAS POBLACIONES RURALES

presentado por el Aspirante SEGUNDO GERMALDO CHAVEZ QUINTANA para obtener el Grado Académico de Maestro ()/Doctor (X) en CIENCIAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE de la Escuela de Posgrado de la UNTRM, hacemos constar que después de revisar la originalidad del Proyecto de Tesis ()/Tesis (X)/Tesis en formato de artículo científico () con el software de prevención de plagio **Turnitin**, verificamos:

- a) De acuerdo con el informe de originalidad, el Proyecto de Tesis ()/Tesis (X)/Tesis en formato de artículo científico () tiene 19 % de similitud, que es menor al 25% permitido en la UNTRM.
- b) La persona responsable de someter el trabajo al software de prevención de plagio **Turnitin** fue: FIDEL ERNESTO CRISANTO GÓMEZ, y pertenece al área () / oficina () / dependencia (X) de FACULTAD DE ARQUEOLOGÍA Y ANTHROPOLOGÍA



SE ADJUNTA:

- Resultado del informe del software **Turnitin**.

Chachapoyas, 31 de OCTUBRE del 2024

PRESIDENTE

Nombres y apellidos:
Fidel
Crisanto Gómez
DNI:
01119425

SECRETARIO

Nombres y apellidos:
Mariel del Rocío
Chotón Calvo
DNI:
18174540

VOCAL

Nombres y apellidos:
JOSÉ DARWIN
FARJE ESCOBEDO
DNI:
33418954

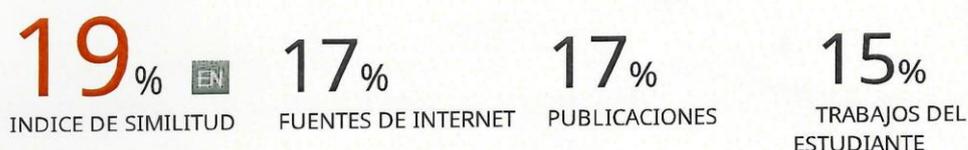
OBSERVACIONES:

.....
.....

Reporte de turnitin

EFFECTO DE LA MIGRACIÓN INVERSA POR LA COVID -19 EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA DE LAS POBLACIONES RURALES

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	ouci.dntb.gov.ua Fuente de Internet	1%
2	repository.unhas.ac.id Fuente de Internet	1%
3	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
4	m.scirp.org Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ulima.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	daten-quadrat.de Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Heartwood Education Trabajo del estudiante	1%
8	Submitted to Napier University Trabajo del estudiante	1%

Dr. Fidel Cervantes Gómez

Acta de sustentación de la tesis



UNTRM

REGLAMENTO DEL PROCESO DE GRADUACIÓN
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO
DE MAESTRO / DOCTOR
R.C.U N° 328-2023

ANEXO 5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la UNTRM - Chachapoyas, el día 17 de OCTUBRE del año 2023, siendo las 16:00 horas, el Aspirante SEGUNDO BRIMALDO CHAVEZ QUINTANA, cuyo asesor es LIBIA MAGALI GARCÍA ROSERO, defiende en sesión pública presencial la Tesis titulada: EFEECTO DE LA MIGRACIÓN INVERNA POR LA COVID-19 EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA DE LAS POBLACIONES RURALES, para obtener el Grado Académico de Maestro () / Doctor (X) en CIENCIAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, conformado por:

Presidente: Dr. FIDEL ERNESTO CRISANTO GÓMEZ

Secretario: Dr. MARIEL DEL ROCÍO CHOTÓN CALVO

Vocal: Dr. JOSÉ DARWIN FARJÉ ESCOBEDO

Luego de la sustentación y absueltas las preguntas del Jurado Evaluador se procedió a la calificación individual y secreta, teniendo el resultado de:

Aprobada (X)/Desaprobada () por Unanimidad (X)/Mayoría ().

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación, se levanta la sesión.

Siendo las 17:30 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis.





PRESIDENTE
Nombres y apellidos: Fidel Crisanto Gómez
DNI: 011119425



VOCAL
Nombres y apellidos: JOSÉ DARWIN FARJÉ ESCOBEDO
DNI: 33418954



SECRETARIO
Nombres y apellidos: Mariel del Rocío Chotón Calvo
DNI: 19174540



ASESOR
Nombres y apellidos: Livia Magali García Rosero
DNI: CE001091738

Índice General

Agradecimiento.....	ii
Autoridades de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas	iii
Jurado evaluador de la tesis	iv
Constancia de originalidad de la tesis	v
Reporte de turnitin	vi
Acta de sustentación de la tesis.....	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. MATERIAL Y MÉTODOS	17
III. RESULTADOS.....	24
IV. DISCUSIÓN	51
V. CONCLUSIONES	54
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
VII. ANEXOS	63

Índice de tablas

Tabla 1. Distritos rurales seleccionados para la investigación.....	17
Tabla 2. Nivel de precisión e índice de kappa para imágenes satelitales de 9 zonas del Perú y durante 6 años.	20
Tabla 3. Cambios de la superficie sembrada por campaña agrícola hasta julio de 2022 de los distritos en estudio según SIEA-MIDAGRI.	24
Tabla 4. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Lonya Chico (Km ²).....	29
Tabla 5. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Lucanas (Km ²).....	29
Tabla 6. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Sapillica (Km ²).....	29
Tabla 7. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Santa Rosa (Km ²).....	34
Tabla 8. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Jepelacio (Km ²).....	34
Tabla 9. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Villa Rica (Km ²).....	34
Tabla 10. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Atico (Km ²).....	39
Tabla 11. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Guadalupe (Km ²).....	39
Tabla 12. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Paccho (Km ²).....	39
Tabla 13. Diversidad de cultivos durante los últimos cinco años (2018-2022) de nueve distritos rurales del Perú (a).	41
Tabla 14. Diversidad de cultivos durante los últimos cinco años (2018-2022) de nueve distritos rurales del Perú (b).	42
Tabla 15. Cambios en la diversidad de cultivos por distrito rural durante cinco años (2018-2022).	43
Tabla 16. Cambios de índices de diversidad de Shannon y Margalef por distrito y región natural durante cinco años (2018-2022).	44

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de distribución de puntos de estudio. Las 180 georreferencias usadas en la validación de datos, se encuentran en la data suplementaria (Anexo 1)	18
Figura 2. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Lonya Chico	26
Figura 3. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Lucanas	27
Figura 4. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Sapiyllca	28
Figura 5. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Santa Rosa	31
Figura 6. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Japelacio	32
Figura 7. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Villa Rica	33
Figura 8. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Atico	36
Figura 9. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Guadalupe	37
Figura 10. Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Paccho	38
Figura 11. Cambio de la extensión de terreno dedicado a la agricultura en los distritos rurales del Perú.	40
Figura 12. Modelo de tendencia histórica y proyección al año 2025 para la diversidad agrícola productiva según tipo de cultivo	46
Figura 13. Modelo de tendencia histórica y proyección al año 2025 para la diversidad agrícola productiva según familia de cultivo (Parte A).	47
Figura 14. Modelo de tendencia histórica y proyección al año 2025 para la diversidad agrícola productiva según familia de cultivo (Parte B).	48
Figura 15. Modelo de tendencia histórica y proyección al año 2025 para la diversidad agrícola productiva según familia de cultivo (Parte C)	49
Figura 16. Modelo de tendencia histórica y proyección al año 2025 para la diversidad agrícola productiva según familia de cultivo (Parte D).	50

RESUMEN

El objetivo de investigación fue evaluar el efecto de la migración inversa por la pandemia Covid-19 en aspectos de seguridad alimentaria de las poblaciones rurales. Para ello se seleccionaron nueve distritos rurales del Perú; 3 de la costa (Atico, Paccho y Guadalupe de las regiones de Arequipa, Lima y La Libertad en ese orden); 3 de la sierra (Lucanas, Lonyachico y Sapillica de las regiones de Ayacucho, Amazonas y Piura en ese orden); y, 3 de la selva (Villa Rica, Japelacio y Santa Rosa de las regiones de Pasco, San Martín y Cajamarca en ese orden). Se estudiaron los cambios en la extensión de terreno destinada a la agricultura del espacio distrital integro empleando herramientas SIG para los últimos 6 años (2017-2018). Se aplicaron encuestas a 20 agricultores por distrito para recoger información sobre la diversidad de cultivos manejados durante los últimos 5 años. Adicionalmente, se realizaron georreferenciaciones de parcelas con cultivo durante el año 2022-2023, consignado el tipo de cultivo. Se encontró que desde el inicio de la Pandemia la extensión de tierras dedicada a la agricultura se vio modificada en distintas maneras. En las zonas con gran extensión de cultivos (gran agroindustria) se evidencia una reducción del área cultivada, por el contrario, en distritos con parcelas más dispersas y con pequeñas explotaciones como Atico en la costa y Lonyachico en la sierra, el área destinada a la agricultura se vio en aumento después de iniciada las restricciones por Pandemia (2020). Por otro lado, la diversidad de cultivos se vio afectada en similar sentido. En conclusión, debido a las restricciones gubernamentales implementadas por la Pandemia, muchas personas decidieron regresar al entorno rural modificando en cierta medida la configuración de las explotaciones agrarias y la seguridad alimentaria del entorno.

Palabras clave: Covid-19, pandemia, seguridad alimentaria, agricultura, ruralidad.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effect of reverse migration due to the Covid-19 pandemic on aspects of food security in rural populations. Nine rural districts of Peru were selected; 3 from the coast (Atico, Paccho and Guadalupe from the regions of Arequipa, Lima and La Libertad in that order); 3 from the highlands (Lucanas, Lonyachico and Sapollica from the regions of Ayacucho, Amazonas and Piura in that order); and, 3 from the jungle (Villa Rica, Japelacio and Santa Rosa from the regions of Pasco, San Martin and Cajamarca in that order). Changes in the extension of land used for agriculture in the integrated district space were studied using GIS tools for the last 6 years (2017-2018). Surveys were applied to 20 farmers per district to collect information on the diversity of crops managed during the last 5 years. Additionally, georeferencing of plots under cultivation during the year 2022-2023 was carried out, consigning the type of crop. It was found that since the beginning of the pandemic, the extension of land dedicated to agriculture has been modified in different ways. In areas with a large extension of crops (large agribusiness), there was a reduction in the cultivated area; on the contrary, in districts with more dispersed plots and small farms such as Atico on the coast and Lonyachico in the highlands, the area devoted to agriculture increased after the start of the Pandemic restrictions (2020). On the other hand, crop diversity was similarly affected. In conclusion, due to the government restrictions implemented by the Pandemic, many people decided to return to the rural environment modifying to some extent the configuration of farms and the food security of the environment.

Key words: Covid-19, pandemic, food security, agriculture, rurality

I. INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la seguridad alimentaria mundial enfrenta en la actualidad dos grandes amenazas; fenómenos meteorológicos extremos y la pandemia Covid19 causada por Sarscov2 (Food and Agriculture Organization, 2020). Situación en la cual las poblaciones con menos ingresos, se encuentran en mayor riesgo de ver limitado su acceso a alimentos en cantidad y calidad necesaria (Loopstra, 2020). La Pandemia está afectando considerablemente el normal desempeño de las unidades agroalimentarias en el mundo, así por ejemplo, se ha determinado que las medidas adoptadas por los gobiernos para contener el avance del virus, han influido en la condición laboral de la población (Niles et al., 2020).

Uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad en el siglo XXI es “el garantizar la seguridad alimentaria del mundo”(Umesha & Manukumar, 2018). La disponibilidad de alimentos podría verse seriamente afectada a corto plazo (Loske, 2020), debido a la reducción de mano obra en las grandes explotaciones agrarias (Balwinder-Singh et al., 2020). Este fenómeno pone en riesgo la consecución de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) planteados en la Agenda 2030, principalmente en los países en vías de desarrollo y con inseguridad alimentaria (Kennedy et al., 2020; Workie et al., 2020).

Las personas emprenden procesos migratorios por causas ampliamente conocidas como búsqueda de mejores oportunidades económicas y sociales. Tradicionalmente, las personas de las zonas rurales migran a las ciudades, sin embargo, el proceso inverso puede ocurrir debido a causas imprevisibles al que se suele llamar “migración inversa”(Seethi, 2022).

Por lo tanto, las personas que pierden su empleo en las ciudades, en la medida de sus posibilidades se trasladan al campo (Shirsath et al., 2020), generando fenómenos migratorios inversos (Mukhra et al., 2020) que estarían incrementando la mano de obra en el espacio rural, por lo que se estaría incrementando el área cultivada, diversificando la producción e incrementando la productividad agraria, lo cual mejorará la seguridad alimentaria del entorno rural y de las poblaciones urbanas más próximas. Se ha identificado que las explotaciones agrarias con mayor plasticidad por lo tanto más resilientes, están incluso mejorando sus ingresos, sin embargo es necesario realizar

estudios con mayor profundidad para determinar hay sostenibilidad y evaluar el impacto real (Snow et al., 2021).

Siguiendo la teoría desarrollada hasta ahora, se espera que los sistemas más sostenibles garanticen una mayor seguridad alimentaria a su población (García et al., 2020); por lo que su estudio aportará información fundamental para la toma de decisiones en países en vías de desarrollo, con una población económicamente activa (PEA) mayoritariamente agraria, con limitaciones de acceso a insumos, semillas y mercado para comercializar su producción (Siche, 2020).

Por otro lado, el concepto de seguridad alimentaria ha ido evolucionando con el tiempo y ha sido preocupación constante de los organismos multinacionales (Béné et al., 2019; Maxwell & Smith, 1992). En ese sentido, el Objetivo de Desarrollo Sostenible 2 (ODS 2) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, busca reducir el hambre, garantizar la seguridad alimentaria y promover una agricultura sostenible (Umesha & Manukumar, 2018).

Por lo que en el contexto de pandemia, se ha manifestado preocupación por la gestión de los sistemas alimentarios en el mundo (Food and Agriculture Organization, 2020; Lorenzo, 2020). Muchos estudios se han aproximado a los posibles efectos de la pandemia en la seguridad alimentaria de la población mundial (Ma et al., 2020), originada probablemente en un sistema alimentario, está afectando a la seguridad alimentaria de las poblaciones más vulnerables (Zurayk, 2020). Se ha evidenciado que en países agrarios, la agricultura está siendo afectada de diferentes maneras, por un lado escasea la mano de obra en las explotaciones formales y se incrementa en las unidades informales (Alvi et al., 2021). También hay diferencias en el impacto en función del tipo de cultivo y la ubicación geográfica de las explotaciones. Así, los sistemas agrícolas familiares estarían siendo menos afectados que las grandes explotaciones basadas en el mercado, por lo que ha mejorado la autosuficiencia alimentaria en el entorno rural (Adhikari et al., 2021).

Se ha determinado que las medidas restrictivas tomadas por los gobiernos con la finalidad de contener la pandemia, han ocasionado que las unidades agrarias se vean afectadas en casi todos los aspectos (Boughton et al., 2021). La falta de mano de obra en algunas regiones y el excedente en otras debido a los fenómenos migratorios han sido también un problema (Kumar et al., 2021), lo que ha incrementado la desigualdad en los ingresos de

los trabajadores agrarios. Sin embargo, algunos autores consideran una oportunidad para reformar los sistemas agroalimentarios en el mundo (Horton & Horton, 2020).

Aunque en la literatura reciente encontramos reportes de aproximaciones de los efectos de la pandemia en la seguridad alimentaria en el plazo inmediato (Elsahoryi et al., 2020), no se ha estudiado aún los efectos de la migración inversa debida a las restricciones gubernamentales para frenar la Pandemia en la seguridad alimentaria de la población rural. La preocupación de los investigadores en los países en vías de desarrollo se ha enfocado en los impactos negativos en el entorno y recursos naturales (Dandekar & Ghai, 2020), pero también podría significar grandes oportunidades para los espacios rurales poco atendidos por los gobiernos (Seema & Mamgain, 2020). Se hace necesario, por tanto, contar con evidencia empírica sobre el impacto de la crisis en países como el Perú, muy heterogéneo y con altos índices de pobreza, que permitan ser empleados como insumos en la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas más eficientes.

También, hay un creciente interés por determinar mediante modelos predictivos los eventos post pandemia en diversos ámbitos de la sociedad (Sifat et al., 2021; Woźniak & Tyczewska, 2021). Salvo algunas aproximaciones (Priyadarshini & Abhilash, 2021), hasta ahora no se ha buscado predecir los cambios en el uso del suelo, la productividad, diversidad y aspectos asociados a la disponibilidad de alimentos de las poblaciones rurales; modelos y técnicas empleados con otros fines pero que incluyan estos elementos podrían emplearse. Así por ejemplo, se ha trabajado con imágenes satelitales históricas para cuantificar los cambios en el uso del suelo y buscar factores predictores (Xia et al., 2020), también los sistemas de información geográfica (GIS) han sido empleados con éxito en el análisis de cambios de cobertura del suelo para aproximarse a las modificaciones que experimenta el espacio agrario rural en el tiempo (Li et al., 2021).

Estudios recientes ha demostrado que los sistemas de abastecimiento locales poco dependientes de la importación de alimentos, están siendo más resilientes al impacto de la Pandemia (Ferguson et al., 2022), así por ejemplo, se ha evidenciado que la seguridad alimentaria de hogares rurales agrícolas en China no se vio amenazada por la Pandemia Covid 19, muy por el contrario las familias diversificaron su dieta incluso para hacer frente a los efectos de la enfermedad (X. Tian et al., 2022). En algunos entornos rurales, la Pandemia incluso generó nuevas oportunidades de trabajo como en Kenia (Oluwaseun, 2022). Por lo tanto, es válido suponer que la seguridad alimentaria de los entornos rurales

del Perú se ha visto fortalecida por la migración forzada (de la ciudad al campo), pero con distinta magnitud en las distintas regiones del interior del País.

El objetivo de investigación fue determinar el efecto de la migración inversa en la seguridad alimentaria de las poblaciones rurales del Perú, en los aspectos de disponibilidad y acceso a los alimentos.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El estudio se realizó con base en la información del IV Censo Nacional Agropecuario del año 2012 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2021). La plataforma se usó para obtener información de distritos agrícolas rurales en Perú, así como de los agricultores jefes de familia y que tengan predios en el área de estudio. Se procuró distribuir tres áreas rurales de muestreo por región natural con actividad agropecuaria. En base a información de distribución geográfica, y de los Límites administrativos subnacionales del Perú (Instituto Geográfico Nacional, 2023), se seleccionaron nueve distritos conforme se observa en la Tabla 1 y Figura 1.

Se tomó información aleatoria en cada una de las 9 zonas, sumando 20 puntos georreferenciados, donde se registró los cultivos, la extensión y el historial de al menos 5 años de la parcela. La encuesta se aplicó a 20 productores individuales (persona natural o comunero jefe de hogar y responsable de la explotación agraria) por cada distrito rural, dando un total de 180 encuestas en todo el Perú.

Tabla 1.

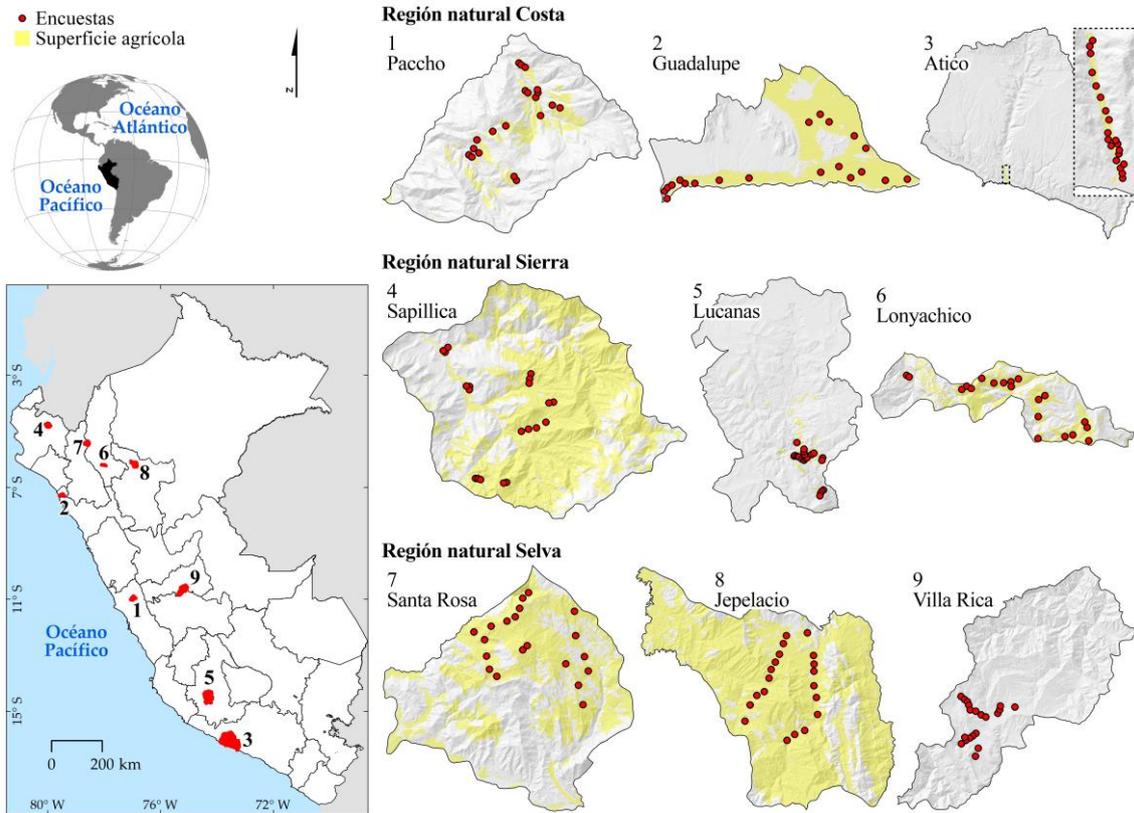
Distritos rurales seleccionados para la investigación.

Región Natural	Región	Provincia	Distrito	UA	CC	CN	Área Km²
Sierra	Amazonas	Luya	Lonya Chico	215	Si	no	69.46
	Ayacucho	Lucanas	Lucanas	754	Si	no	872.40
	Piura	Ayabaca	Sapillica	2373	si	no	275.36
Selva	Cajamarca	Jaén	Santa Rosa	2283	si	no	268.15
	San Martín	Moyobamba	Jepelacio	3528	no	no	386.07
	Pasco	Oxapampa	Villa Rica	2460	no	si	822.57
Costa	Arequipa	Caraveli	Atico	124	no	no	3094.05
	La Libertad	Pacasmayo	Guadalupe	1963	no	no	167.38
	Lima	Huaura	Paccho	629	si	no	237.47

UA: Unidad agropecuaria (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2021); CC: Existencia de Comunidad Campesina (INEI, 2018); CN: Existencia de Comunidad Nativa (INEI, 2018); Área (Instituto Geográfico Nacional, 2023)

Figura 1.

Mapa de distribución de puntos de estudio. Las 180 georreferencias usadas en la validación de datos, se encuentran en la data suplementaria (Anexo 1)



2.2. Análisis multitemporal del cambio de uso y de cobertura del suelo (LULC)

2.2.1. Clasificación de imágenes en *Google Earth Engine* (GEE)

El proveedor del conjunto de datos fue el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Las imágenes GEE Landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI/TIRS (30 m de resolución) y Sentinel 2 utilizadas (10 m de resolución), fueron productos de reflectancia superficial (SR). Las colecciones de imágenes Landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI/TIRS se obtuvieron de: `ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA")`; y las colecciones de imágenes Sentinel 2, fueron obtenidas de: `ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_HARMONIZED")`.

La reserva de píxeles de la imagen libres de nubes se realizó ejecutando la función de enmascaramiento de nubes. En este estudio, para Landsat, sólo se utilizaron las bandas "B2" Azul, "B3" Verde, "B4" Rojo, "B5" Infrarrojo cercano, "B6" Infrarrojo de onda corta 1, "B7" Infrarrojo de onda corta (las cuales tenían una resolución espacial de 30 m). En

tanto que, para Sentinel 2, sólo se utilizaron las bandas "B2" Azul, "B3" Verde, "B4" Rojo, "B5" Borde rojo 1, "B6" Borde rojo 2, "B7" (con una resolución espacial de 10 m para B2, B3, B4; y 20 m para B5, B6 y B7). Luego se aplicó un filtro de mediana para obtener píxeles representativos de cada ubicación de cada banda espectral de cada rango de tiempo.

De los datos de referencia, se usaron el 70% como muestras de entrenamiento para clasificar las imágenes, y el resto para validar los resultados de la clasificación. Los datos de referencia se distribuyeron en puntos aleatorios generados a partir de los datos del estudio de campo. Estos puntos representaron las cinco categorías de uso de cobertura de suelo (LULC) abordadas en este estudio: Áreas artificiales (AA); Agricultura (A); Bosque (B); cuerpos de agua (CA); zonas quemadas (ZQ); Plantaciones forestales (PF); Herbáceas (H); Suelo desnudo (SD).

Para la precisión en la clasificación de imágenes, se usó el algoritmo de bosque aleatorio (*Random forest*: RF) por su capacidad de manejar datos complejos de grandes dimensiones; proporciona además, una mayor precisión que otros algoritmos tradicionales (S. Tian et al., 2016). A partir de las muestras adquiridas, se aplicó la función "*ee.Classifier.smileRandomForest*" en la plataforma GEE, y se obtuvo mapas clasificados por cada zona y por cada semestre durante 5 años. Para el procesamiento del clasificador *Random Forest* (RF), se identificaron dos parámetros: el número de árboles de clasificación deseados y el número de variables de predicción utilizadas en cada nodo para hacer crecer el árbol (Castillo et al., 2020). En este estudio, el número de árboles se estableció en 500 y se seleccionaron ocho variables aleatorias de la mejor división cuando cada árbol crece.

2.2.2. Evaluación de precisión

El nivel de precisión global, se evaluó entre imágenes y realidad terrestre. El coeficiente Kappa se calculó en la consola de editor de códigos, usando el script de GEE incorporado. Se utilizaron 1600 puntos de control terrestre de muestra, seleccionados aleatoriamente para evaluar la precisión de los mapas LULC producidos mediante el uso de diferentes algoritmos (Hamud et al., 2021). Los puntos de muestreo han sido seleccionados a partir de la observación de campo y utilizando GEE para las zonas remotas e inaccesibles.

En ese sentido, las imágenes fueron procesadas con valores para nivel de precisión superiores a 78,5- 99,9%, y con índices de Kappa entre 70 y 98,4%, en todas las zonas, excepto en Atico donde las condiciones de entorno y tipo de cobertura, ameritó usar las imágenes disponibles; lo que asegura la fiabilidad de la información.

Tabla 2.

Nivel de precisión e Índice de Kappa para imágenes satelitales de 9 zonas del Perú y durante 6 años.

		AÑO DE EVALUACIÓN											
		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Atico	PG %	99,9	99,8	99,9	99,8	99,9	99,8	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9
	IK%	45,8	44,1	59,3	49,0	48,0	42,9	41,5	39,6	34,5	24,5	34,5	44,5
Guadalupe	PG %	96,1	96,4	95,9	95,6	96,2	96,3	96,8	95,8	95,7	96,5	96,9	97,2
	IK%	92,5	92,8	92,0	91,2	92,5	92,7	93,7	91,7	91,4	93,0	94,0	94,5
Lucanas	PG %	97,4	97,6	97,9	96,6	98,1	96,5	98,1	97,4	98,4	97,8	98,4	96,7
	IK%	93,3	93,7	97,9	90,8	95,2	90,5	94,9	93,1	95,9	94,0	95,9	91,5
Jepelacio	PG %	88,5	89,4	84,3	88,0	92,6	89,0	85,5	87,4	87,9	88,6	94,2	96,1
	IK%	59,9	80,0	70,4	77,9	86,2	79,5	73,2	76,5	78,4	78,9	89,5	93,0
Paccho	PG %	95,8	97,5	96,0	96,3	95,0	97,1	97,1	97,0	97,3	97,7	96,5	96,4
	IK%	70,8	83,7	70,7	78,3	72,2	81,5	80,6	79,8	82,2	84,6	79,3	70,0
Lonya Chico	PG %	77,4	91,5	85,0	89,0	84,7	86,8	89,1	84,9	82,2	92,4	90,8	93,1
	IK%	68,8	88,4	78,8	84,6	78,8	81,6	84,6	79,3	75,2	89,3	87,0	90,6
Sapillica	PG	90,0	88,9	90,9	89,2	91,7	90,7	92,3	93,7	88,8	83,3	91,4	93,3
	IK	76,5	75,5	80,5	76,1	80,0	80,7	83,1	85,5	76,0	63,0	80,0	84,6
Villa Rica	PG	89,1	95,2	89,9	92,9	93,6	96,2	95,5	93,1	92,0	92,9	93,8	95,1
	IK	68,0	87,1	72,6	79,5	81,4	90,1	88,4	80,4	77,2	80,6	82,9	87,3
Santa Rosa	PG	85,3	85,3	83,9	83,9	86,8	86,8	80,6	80,6	79,8	79,8	87,9	87,9
	IK	78,0	78,0	76,9	76,9	81,1	81,1	72,0	72,0	70,0	70,0	82,5	82,5

PG= Precisión general; IK= índice de Kappa; a=valor promedio del primer semestre del año; b= valor promedio del segundo semestre del año

2.2.3. Análisis del cambio de uso y cobertura de suelo (LULC); y modelación de tendencias de cambio

En formato vectorial, los mapas finales de LULC con los 8 tipos de coberturas clasificados, y de límites administrativos se superpusieron entre sí. De esta manera, se calculó la superficie de cada tipo de cobertura para la distribución espacial (9 zonas del

Perú), y temporal (durante 5 años), donde se cuantificó y representó en forma de mapas y tablas toda la información, y se representó las áreas en kilómetros.

Para la modelación de tendencias de áreas dedicadas a la agricultura (A), hasta el año 2025, se usó la información del análisis multitemporal para áreas dedicadas a la agricultura en las 9 zonas rurales (años 2017-2022). El modelo de tendencia adecuado (sea el modelo de tendencia lineal, un modelo de tendencia cuadrática, un modelo de crecimiento exponencial o un modelo de curva) se representó con una fórmula. Se seleccionó la tendencia adecuada, según los criterios del menor valor de precisión del error medio porcentual absoluto (MAPE). Se eligió el modelo, basados en los valores de desviación media absoluta (MAD), desviación media al cuadrado (MSD) y error porcentual medio absoluto (MAPE), comparando las mejores medidas de precisión.

2.3. Determinación de la agrobiodiversidad agraria

2.3.1. Frecuencia efectiva de especies de cultivos

Usando la información de encuestas a 180 agricultores de las 9 zonas rurales del Perú, se rescató información respecto a la dinámica de cambios durante los 5 últimos años. En ese sentido, conocedores de que, la producción y productividad agrícola son sensibles a factores externos; se registró en primera instancia, valores de presencia y número de cosechas por temporada (frecuencia de cultivo). Cada cultivo mencionado por el agricultor, fue clasificado en: cereales, legumbres, frutas, raíces, tuberosas, verduras. Se identificó, además, el nombre común, nombre científico y familia a la que pertenece. Con la frecuencia de cada cultivo, se obtuvo las tendencias de cambio en últimos 5 años a nivel general para el Perú.

2.3.2. Tendencias de cambio de número efectivo de especies de cultivos

Seguidamente, se estimaron los cambios anuales la diversidad de cultivos por distrito rural durante cinco años (2018-2022). Para cada zona (distrito), y un valor promedio general resumen para todo el Perú, se registró el promedio del número de especies cultivadas por agricultor y por distrito, así como sus tendencias de variación.

2.2.3. Índices de diversidad y tendencias

Con la información de las encuestas conseguimos obtener data para construir índices de diversidad de Shannon y Margalef en un rango espacial (9 distritos de la zona rural del Perú) y en un rango temporal de 5 años (2018-2022). Fueron evaluados: el índice de Shannon-Weiner (H') (para evaluar la diversidad de especies), y el índice de Margalef (SR) (para evaluar la riqueza de especies) (Kumar et al., 2022).

El índice de Shannon-Weiner (H') se determinó con la ecuación 1, descrita por Omoro et al. (2010):

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (1)$$

Dónde:

H' = índice de Shannon-Weiner

p_i = Proporción de individuos pertenecientes a la especie i

\ln = logaritmo natural

El índice de Margalef (SR) se determinó con la fórmula 2 (Ulanowicz, 2001):

$$SR = \frac{S-1}{\ln(N)} \quad (2)$$

Donde:

SR = Índice de riqueza de especies de Margalef

S = Número de especies

N = Número total de individuos

Finalmente se graficaron las tendencias de comportamiento para ambos índices, usando información de los años 2018-2022.

2.4. Modelamiento de tendencias históricas y futuras para la diversidad agrícola productiva a nivel de tipo de especie de cultivo y familia de especie de cultivo.

Con información de las 180 encuestas en 9 zonas agrícolas-rurales del Perú, se realizaron ecuaciones de tendencia ajustada, para describir:

a) Modelos para la diversidad agrícola productiva según tipo de cultivo (cereales, legumbres, frutas, raíces, tuberosas, verduras), en tendencia histórica y proyección al año 2025.

b) Modelos de tendencia histórica y proyección al año 2025 para la diversidad agrícola productiva según familia de cultivo a las que pertenecen: poaceae, rutaceae, rosaceae, solanaceae, tropaeolaceae, malvaceae, lythraceae, moraceae, lauraceae, fabaceae, euphorbiaceae, convolvulaceae, brassicaceae, asteraceae, amarillydaceae. En tanto que, las proyecciones en tendencia negativa corresponden a las familias de las passifloraceae, rubiaceae, olaceae, oxalidaceae, musaceae, cucurbitaceae, basellaceae, apiaceae, amarantaceae.

Para todos los casos de la investigación, el modelo cuadrático (Oktavilia & Firmansyah, 2016) fue el que presentó mejor ajuste, bajo la ecuación 3.

$$Y_t = b_0 + b_1 * t + (b_2 * t^2) \quad (3)$$

Donde: Y_t es la variable respuesta; b_0 es la constante, b_1 y b_2 son los coeficientes, t es el valor de la unidad de tiempo.

El mejor ajuste se representó en cada modelo, usando: a) El error porcentual absoluto medio (MAPE) que expresa la exactitud como un porcentaje del error (MAPE); b) la desviación absoluta de la media (MAD) que expresa exactitud en las mismas unidades que los datos, lo que ayuda a conceptualizar la cantidad del error; y c) la desviación cuadrática media (MSD) que mide la exactitud de los valores ajustados de las series de tiempo.

III. RESULTADOS

Registros MIDAGRI para variación de cambios de superficie agrícola

El Sistema Integrado de Estadística Agraria del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú, cuenta con reportes de superficie sembrada de las dos últimas campañas a nivel nacional para los cultivos más representativos. Como se puede apreciar para los distritos rurales andinos, con excepción de Sapollica, la superficie sembrada en Lonya Chico y Lucanas en la última campaña, es superior a la campaña anterior.

Tabla 3.

Cambios de la superficie sembrada por campaña agrícola hasta julio de 2022 de los distritos en estudio según SIEA-MIDAGRI.

Región Natural	Región	Provincia	Distrito	Campaña 2020-2021	Campaña 2021-2022	D	Var. %
Sierra	Amazonas	Luya	Lonya Chico	133	161	28	21.05%
	Ayacucho	Lucanas	Lucanas	306	550	244	79.74%
	Piura	Ayabaca	Sapollica	3570	445	-3125	-87.54%
Selva	Cajamarca	Jaén	Santa Rosa	1385.5	1240	-145.5	-10.50%
	San Martín	Moyobamba	Jepelacio	697	483	-214	-30.70%
	Pasco	Oxapampa	Villa Rica	596	421	-175	-29.36%
Costa	Arequipa	Caraveli	Atico	8	5	-3	-37.50%
	La Libertad	Pacasmayo	Guadalupe	6004	4755.5	-1248.5	-20.79%
	Lima	Huaura	Paccho	53	40	-13	-24.53%

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2022).

3.2. Análisis multitemporal del cambio de uso y cobertura de suelo (LULC)

3.3. Cambio de uso y cobertura de suelo en Distritos de la región Sierra (Lonya Chico, Lucanas, Sapollica)

En Lonya Chico, áreas agrícolas aumentaron progresivamente al pasar de los años (16.3917 km² en el 2017 hasta 24.7311 km² en el 2022). Además, aumentaron con los años, las coberturas de áreas artificiales, bosque, cobertura herbácea y suelo desnudo. En

tanto que, disminuyó la cobertura de cuerpos de agua, zonas quemadas en menor medida, y las plantaciones forestales disminuyeron considerablemente (Figura 2, Tabla 4). Este distrito en la sierra, es el único que registra que, en el año 2022 ocupa el primer lugar en extensión ocupada por cobertura agrícola.

Respecto al distrito rural de Lucanas (Figura 3, Tabla 5), la cobertura agrícola muestra una progresiva y considerable disminución de coberturas agrícolas, que va desde 51.8706 km² en el 2017 hasta 19.8567 en el 2022. Las coberturas de zonas quemada, bosque y suelo desnudo mostraron también disminución de sus áreas, en tanto que, los cuerpos de agua y cobertura herbácea, aumentaron.

Contrariamente en Sapiyllica, la cobertura agrícola, aumentó y disminuyó cada año a tal punto que pasó de 83.3355 km² en el 2017, a 67.2849 km² en el 2022. Otras coberturas que finalmente disminuyeron en esta zona fueron las áreas artificiales, coberturas herbáceas y suelo desnudo. Los tipos de cobertura que aumentaron sus áreas en el año 2022, respecto al 2017 son: Bosques, cuerpos de agua, zonas quemadas, y plantaciones forestales (Figura 4, Tabla 6).

Generalizando, en las zonas rurales de la región sierra, (Figuras 2, 3 y 4; y tablas 4, 5 y 6), las tierras con uso agrícola están más dispersas a lo largo de todo el distrito. Lucanas (Sur) y Sapiyllica (norte) demuestran tener menor actividad agrícola frente a un distrito que, pese a su pequeña extensión, como Lonya Chico (nororiente), y en donde se realiza pequeña agricultura básicamente para autoconsumo, las áreas agrícolas aumentaron.

Figura 2.

Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Lonya Chico

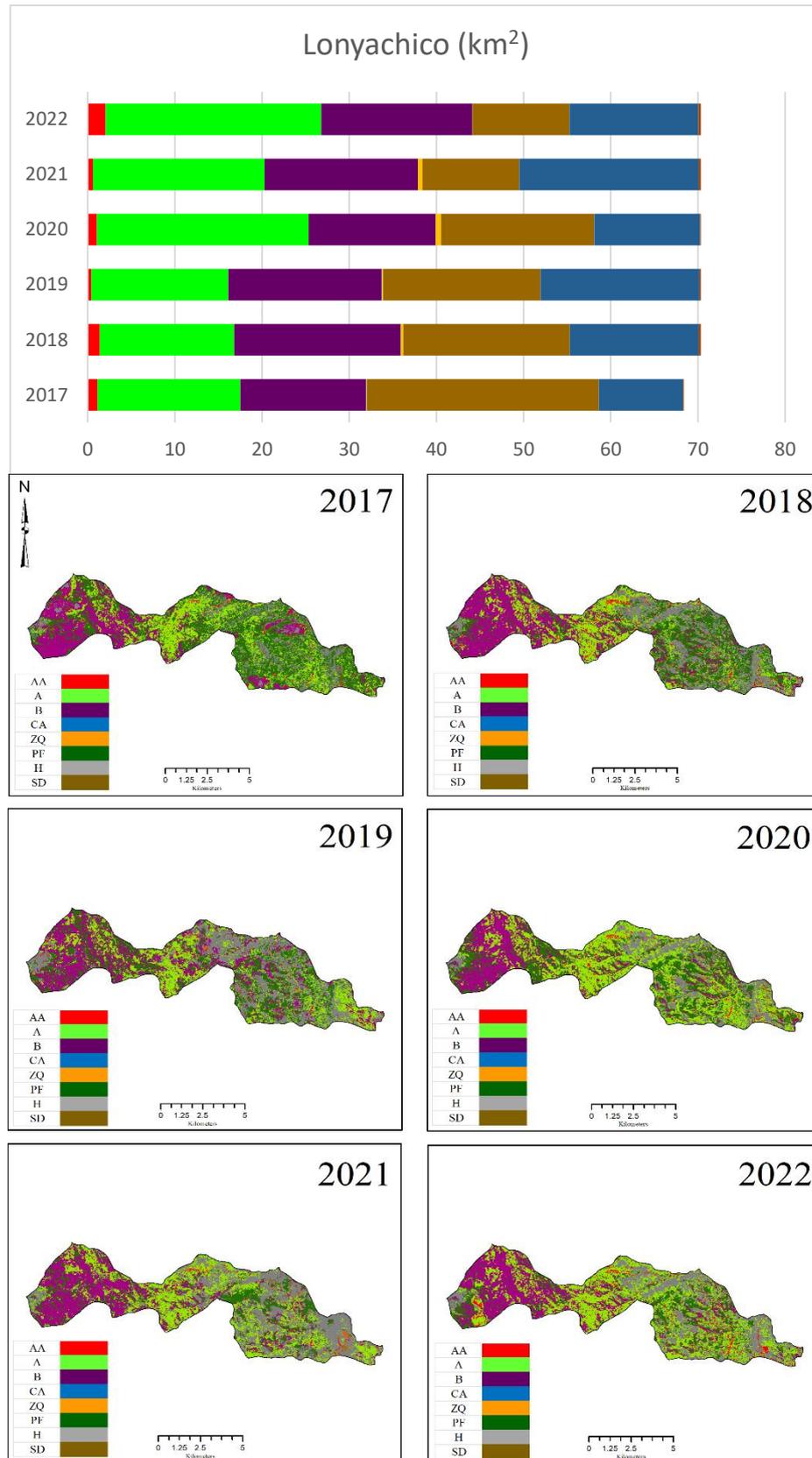


Figura 3.

Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Lucanas

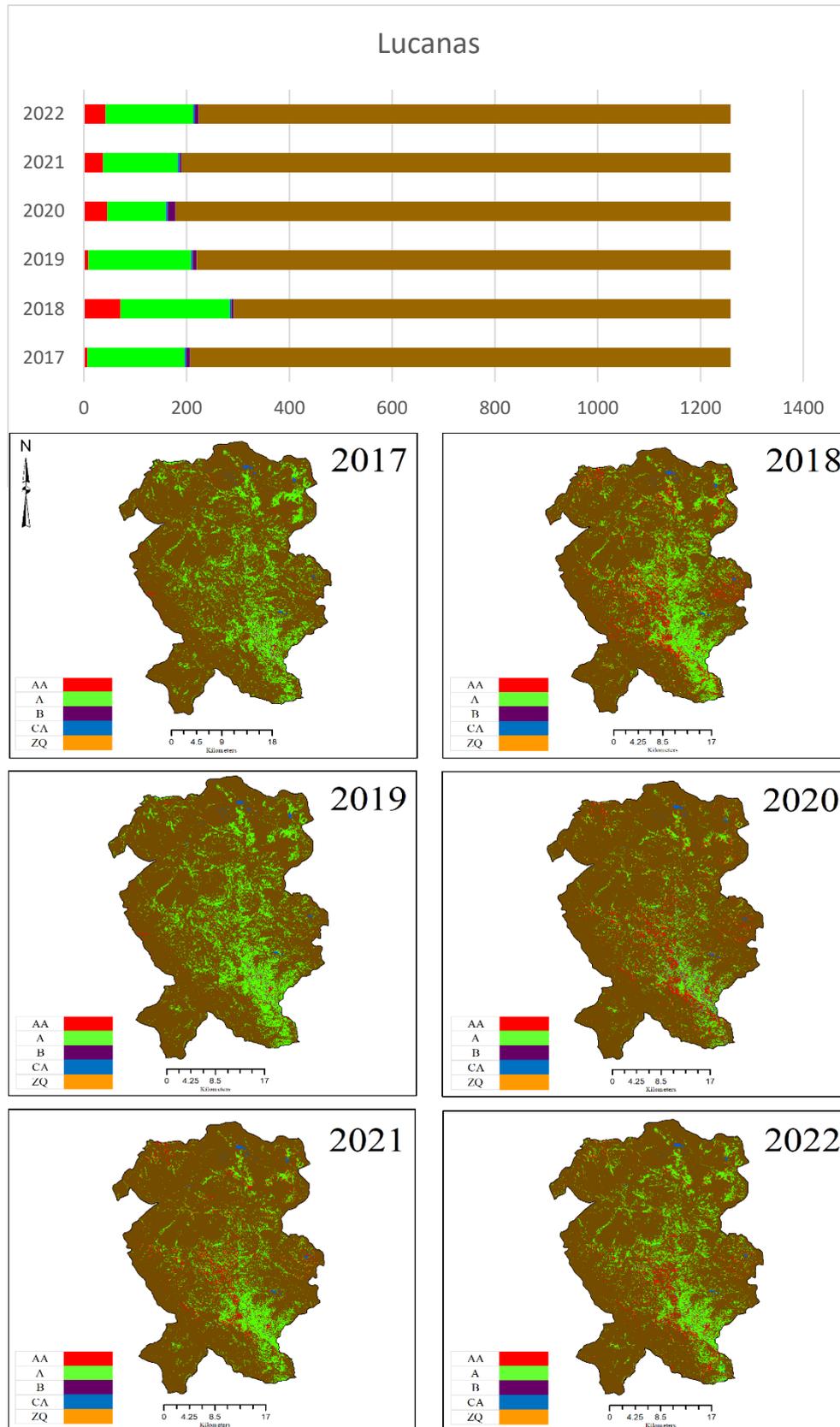


Figura 4.

Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Sapillica

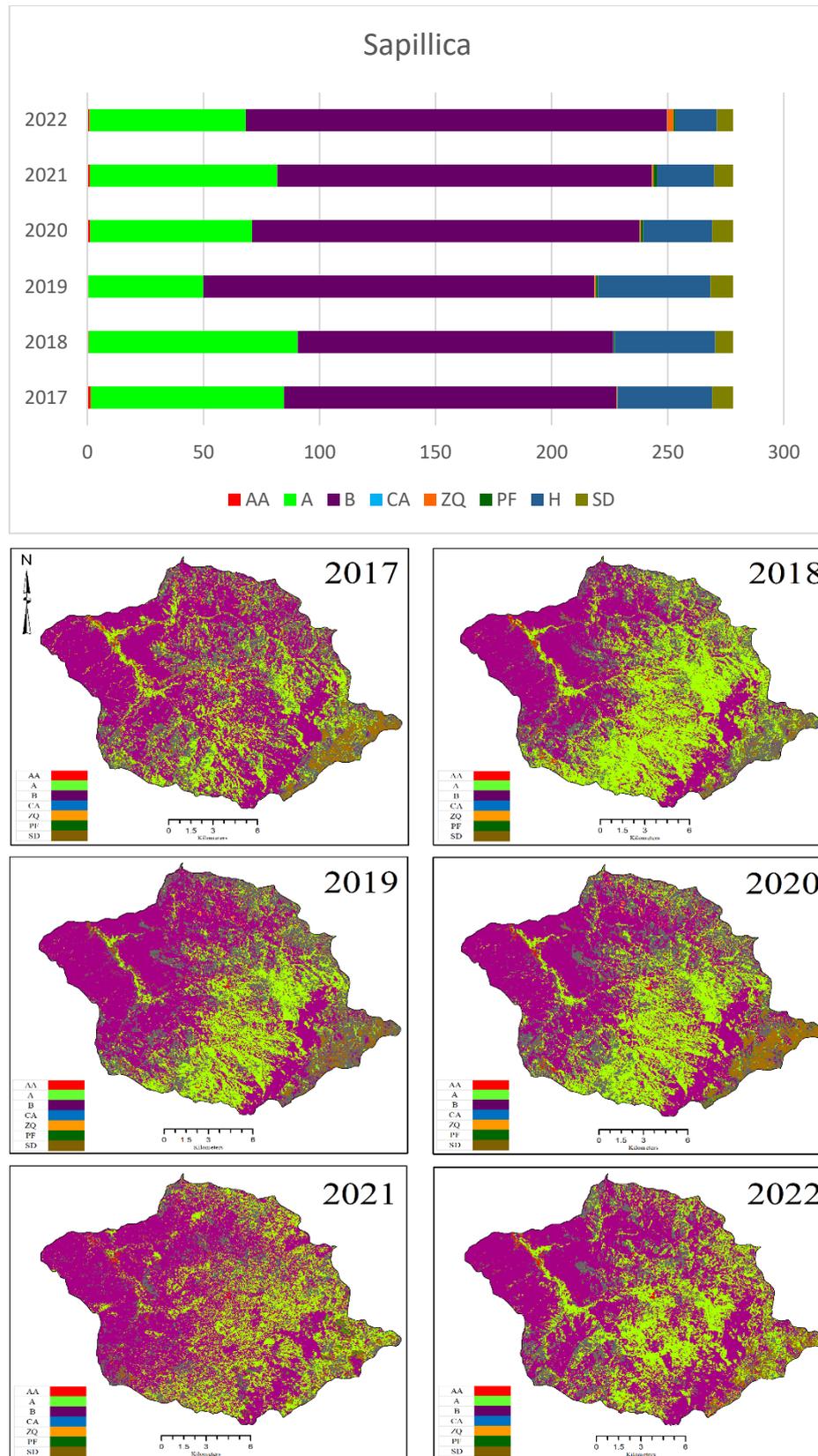


Tabla 4.

Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Lonya Chico (Km²)

Tipo de cobertura	2017	2018	2019	2020	2021	2022
AA	1.116	1.3914	0.4104	1.0674	0.5904	2.0628
A	16.3917	15.3972	15.705	24.2793	19.6866	24.7311
B	14.427	19.1061	17.6031	14.562	17.6049	17.3223
CA	0.0099	0.0009	0.0036	0.0036	0.0018	0.0036
ZQ	0.0648	0.3105	0.1422	0.6003	0.5085	0.0126
PF	26.6085	19.089	18.0891	17.6157	11.1105	11.1231
H	9.6948	14.7807	18.2133	12.1149	20.5596	14.7996
SD	0.0711	0.2556	0.1647	0.0882	0.2691	0.2763

Áreas artificiales (AA); Agricultura (A); Bosque (B); cuerpos de agua (CA); zonas quemadas (ZQ); Plantaciones forestales (PF); Herbáceas (H); Suelo desnudo (SD).

Tabla 5.

Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Lucanas (Km²)

Tipo de cobertura	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ZQ	0.0324		0.0018			
AA	6.9687	71.3862	8.8704	45.6039	37.7235	42.4827
A	51.8706	41.607	41.3946	25.4331	18.7992	19.8567
CA	3.0654	3.4857	3.4668	3.6279	3.825	3.1005
B	7.6662	4.3614	7.8471	14.7726	3.7125	7.5105
H	70.7238	118.2348	94.3326	56.9781	84.0825	108.0315
SD	1051.8489	967.248	1039.2255	1080.6075	1068.7653	1035.414

Áreas artificiales (AA); Agricultura (A); Bosque (B); cuerpos de agua (CA); zonas quemadas (ZQ); Plantaciones forestales (PF); Herbáceas (H); Suelo desnudo (SD).

Tabla 6.

Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Sapillica (Km²)

Tipo de cobertura	2017	2018	2019	2020	2021	2022
AA	1.3554	0.5103	0.441	1.1997	1.0233	0.9198
A	83.3355	90.0801	49.5261	69.7302	80.7408	67.2849
B	143.1936	136.0395	168.4395	166.9644	161.2899	181.4382
CA	0.0189	0.0657	0.099	0.0252	0.0936	0.1143
ZQ	0.324		0.6786	0.5544	0.7326	2.772
PF	0.2196	0.4509	0.8127	1.0629	1.5435	0.8532
H	40.6422	43.3143	48.3444	29.5074	24.588	17.7336
SD	9.0963	7.7247	9.8424	9.1404	8.1738	7.0524

Áreas artificiales (AA); Agricultura (A); Bosque (B); cuerpos de agua (CA); zonas quemadas (ZQ); Plantaciones forestales (PF); Herbáceas (H); Suelo desnudo (SD).

3.4.Cambio de uso y cobertura de suelo en Distritos de la región Selva (Santa Rosa, Jepelacio, Villa Rica)

Para el distrito rural de Santa Rosa, Figura 5, Tabla 7, las coberturas agrícolas denotaron un aumento durante los últimos 5 años, exceptuando en el 2021 (año de pandemia). Sin embargo, para el 2022, se muestra un área agrícola de 116.307 Km², siendo este valor el de mayor área respecto al resto de coberturas. Otras áreas que finalmente crecieron, respectan a las coberturas de áreas artificiales, zonas quemadas, coberturas herbáceas y suelo desnudo. Las áreas que disminuyeron en estos años, refieren a Bosques y cuerpos de agua.

Inversamente en Jepelacio, la dinámica de uso de suelo, muestra que las áreas agrícolas disminuyeron hasta 152.3862 Km² en el 2022, pese a que en el 2017 se registraron 161.9703 Km² (Figura 6, Tabla 8). Una significativa reducción de áreas artificiales de coberturas se muestra hasta el 2022, en tanto que, áreas de bosques, zonas quemadas y cuerpos de agua, aumentaron.

En Villa Rica, donde principalmente hay monocultivos de exportación, la dinámica de cobertura agrícola en los años es inestable, disminuyendo de 230.3874 Km² en el 2017, hasta 138.8745 Km² en el 2022. Las áreas artificiales, bosques, coberturas de agua, coberturas herbáceas y plantaciones forestales, aumentaron finalmente hasta el año 2022; y suelo desnudo disminuyó su área agrícola.

Respecto a la dinámica cambio de las áreas agrícolas, en los distritos rurales en la región selva (Figuras 5, 6 y 7; Tablas 7,8 y 9) se registran cambios en aumento y disminución indistintamente. Cabe recalcar que, en ninguno de los distritos (Santa Rosa, Jepelacio, y VillaRica) lidera como mayor área, la agricultura, pasando a segundo lugar, respecto a los Bosques.

Por otro lado, los tres distritos estudiados de la selva, parecen contar con grandes extensiones de terreno destinado a la agricultura, asociados a cultivos que efectivamente requieren de grandes extensiones como café, cacao, arroz etc. Además, las configuraciones de los tipos de cobertura son muy similares indicando mayor homogeneidad según el tipo de uso del suelo.

Figura 5.

Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Santa Rosa

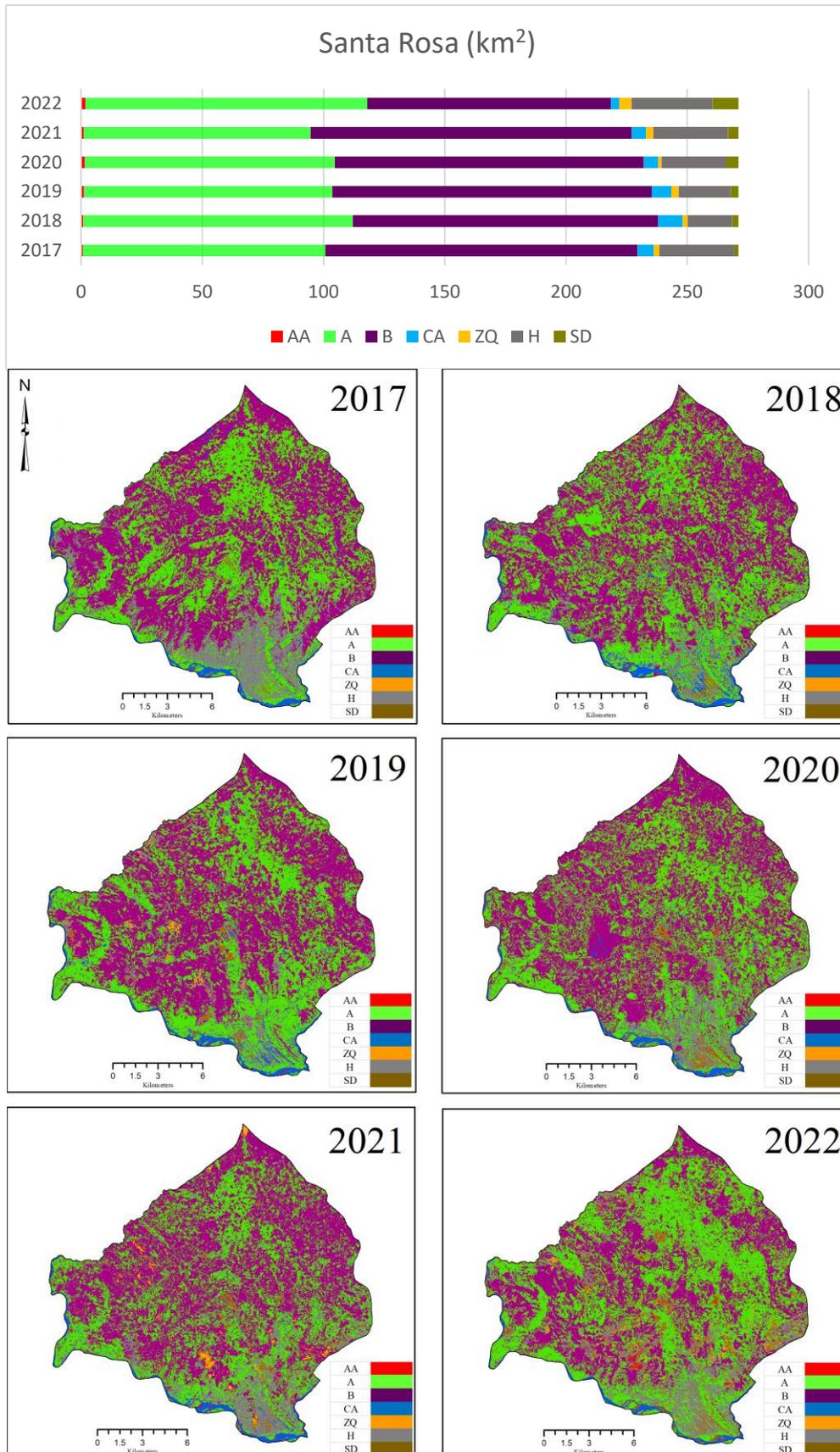


Figura 6.

Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Jepelacio

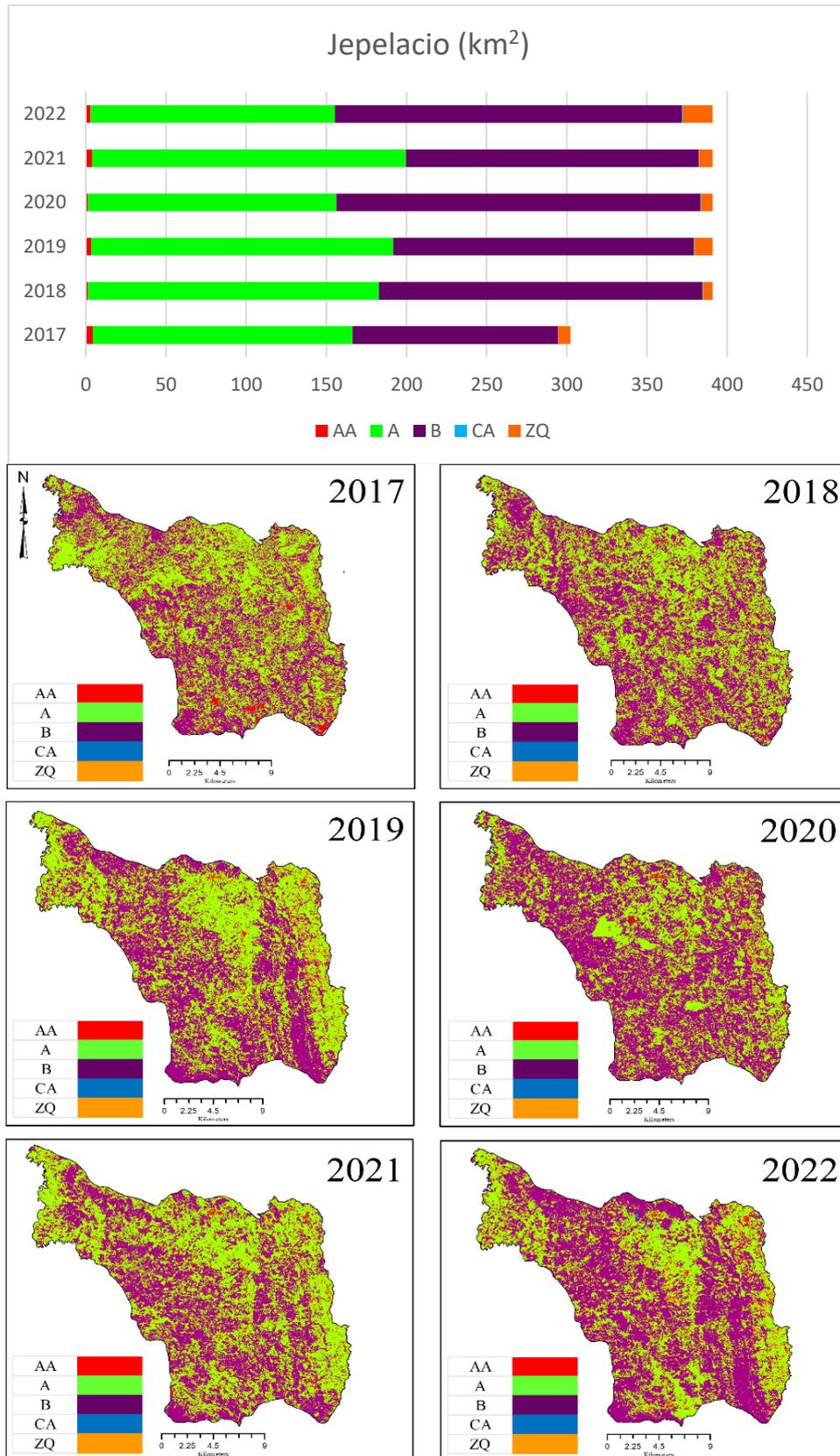


Figura 7.

Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Villa Rica

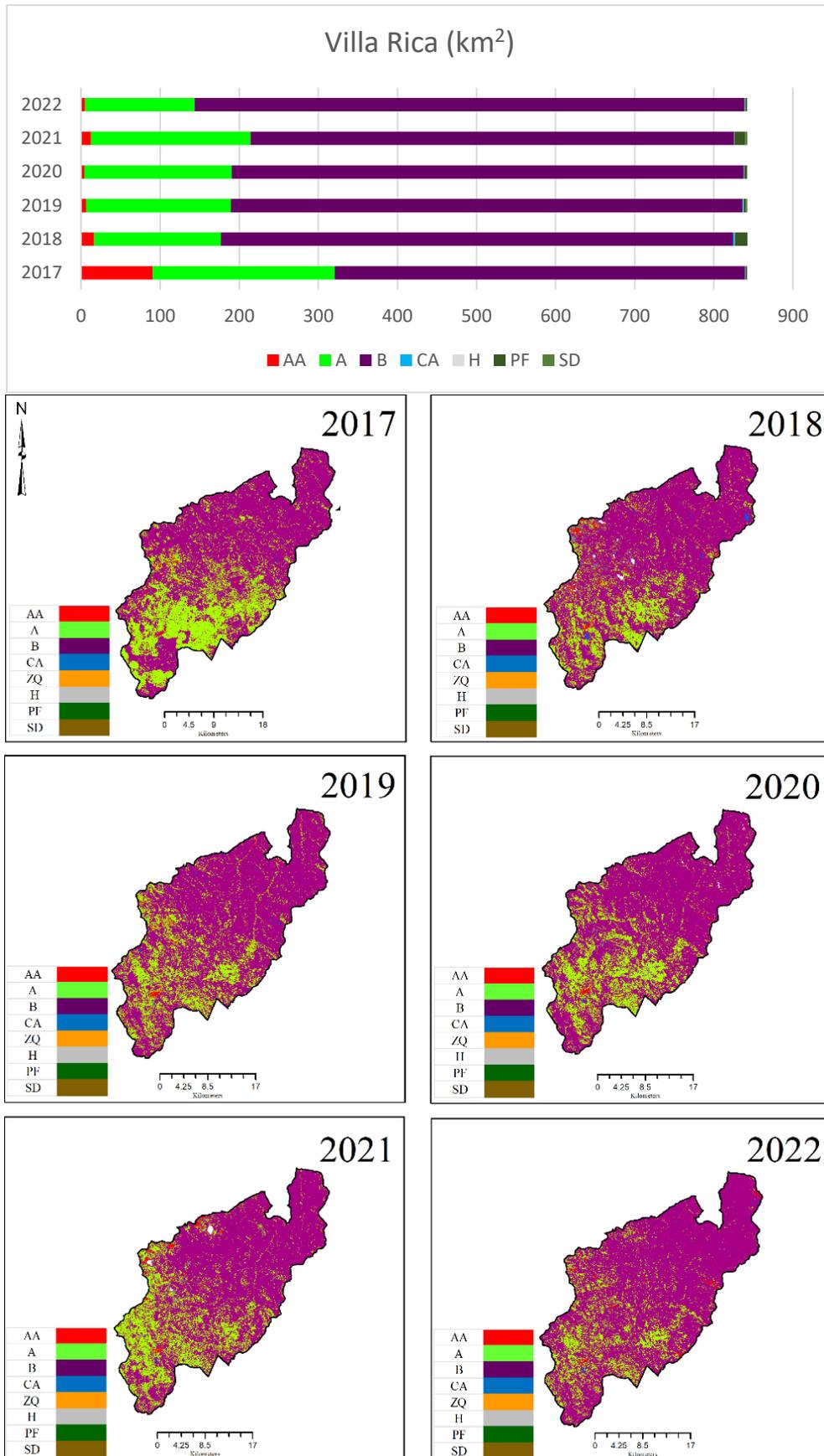


Tabla 7.Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Santa Rosa (Km²)

Tipo de cobertura	2017	2018	2019	2020	2021	2022
AA	0.5877	0.8532	1.1637	1.539	1.0422	1.7127
A	100.1853	111.2346	102.492	103.1544	93.5568	116.307
B	128.6811	125.9289	131.7213	127.359	132.5232	100.4256
CA	6.7887	10.2015	8.0604	5.9679	5.9094	3.5433
ZQ	2.2698	1.9323	3.051	1.3671	3.0006	4.9896
H	30.924	18.5499	21.519	26.5779	30.8385	33.4836
SD	1.7289	2.4651	3.1581	5.2002	4.2948	10.7037

Áreas artificiales (AA); Agricultura (A); Bosque (B); cuerpos de agua (CA); zonas quemadas (ZQ); Plantaciones forestales (PF); Herbáceas (H); Suelo desnudo (SD).

Tabla 8.Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Japelacio (Km²)

Tipo de cobertura	2017	2018	2019	2020	2021	2022
AA	4.3308	1.3572	3.2382	1.35	3.7908	2.9394
A	161.9703	181.3194	188.4915	154.8369	195.8895	152.3862
B	128.2725	202.0707	187.4916	227.2014	182.6028	216.5184
CA	0.0495	0.3807	0.4338	0.2772	0.2511	0.4536
ZQ	7.7571	5.7366	11.2095	7.1991	8.3304	18.567

Áreas artificiales (AA); Agricultura (A); Bosque (B); cuerpos de agua (CA); zonas quemadas (ZQ); Plantaciones forestales (PF); Herbáceas (H); Suelo desnudo (SD).

Tabla 9.Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Villa Rica (Km²)

Tipo de cobertura	2017	2018	2019	2020	2021	2022
AA	2.5128	13.2858	6.4044	2.9574	10.0548	4.8195
A	230.3874	160.4034	183.1437	186.1317	201.6945	138.8745
B	518.8968	647.2431	646.9416	647.6292	611.3169	695.2437
CA	0.5292	2.3031	1.4625	0.675	0.585	0.8055
H	0.0009	0.2025	0.0027	0.0018	0.0207	0.2907
PF	1.5633	15.5718	2.5173	3.2418	13.7304	1.9251
SD	0.4014	0.0738	1.7406	0.3663	2.4057	0.2538

Áreas artificiales (AA); Agricultura (A); Bosque (B); cuerpos de agua (CA); zonas quemadas (ZQ); Plantaciones forestales (PF); Herbáceas (H); Suelo desnudo (SD).

3.5.Cambio de uso y cobertura de suelo en Distritos de la región Costa (Atico, Guadalupe y Paccho)

En la región Costa (Sur), está ubicado Atico, en donde la dinámica de uso de suelo denotó un aumento en áreas agrícolas, que van desde 0.7434 km² en el 2017, hasta 1.3095 km² en el 2022 (Figura 8, Tabla 10). Las mayores áreas se registran en cobertura de suelo desnudo en todos los años, principalmente con las características desérticas del lugar. Las áreas artificiales y bosques, muestran aumento al 2022, en tanto que, las áreas forestales disminuyeron.

Respecto al distrito rural de Guadalupe (Figura 9. Tabla 11), se registró un ligero aumento de áreas agrícolas para el 2022 con 80.9226 km², respecto a los 80.208 km² del año 2017, y las mayores extensiones de cobertura se presentaron en áreas agrícolas para todos los años. Las áreas artificiales, cuerpos de agua, zonas quemadas y plantaciones forestales mostraron una disminución de áreas con el pasar de los años. En tanto que, los bosques y suelo desnudo presentaron aumento de áreas hasta el año 2022.

La dinámica de cobertura agrícola, presentada en el distrito de Paccho (Figura 10, Tabla 12), presentó un aumento en el año 2022 pese a la volatilidad de sus valores durante los años. En el año 2017, 13.10 km² de área agrícola fue registrada, y al 2022, fueron 20.48 km² de área agrícola.

A nivel global en los distritos rurales de la región costa, se mostraron aumentos de áreas agrícolas en los tres casos (Figuras 8, 9 y 10, Tablas 11, 11 y 12).

Figura 8.

Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Atico

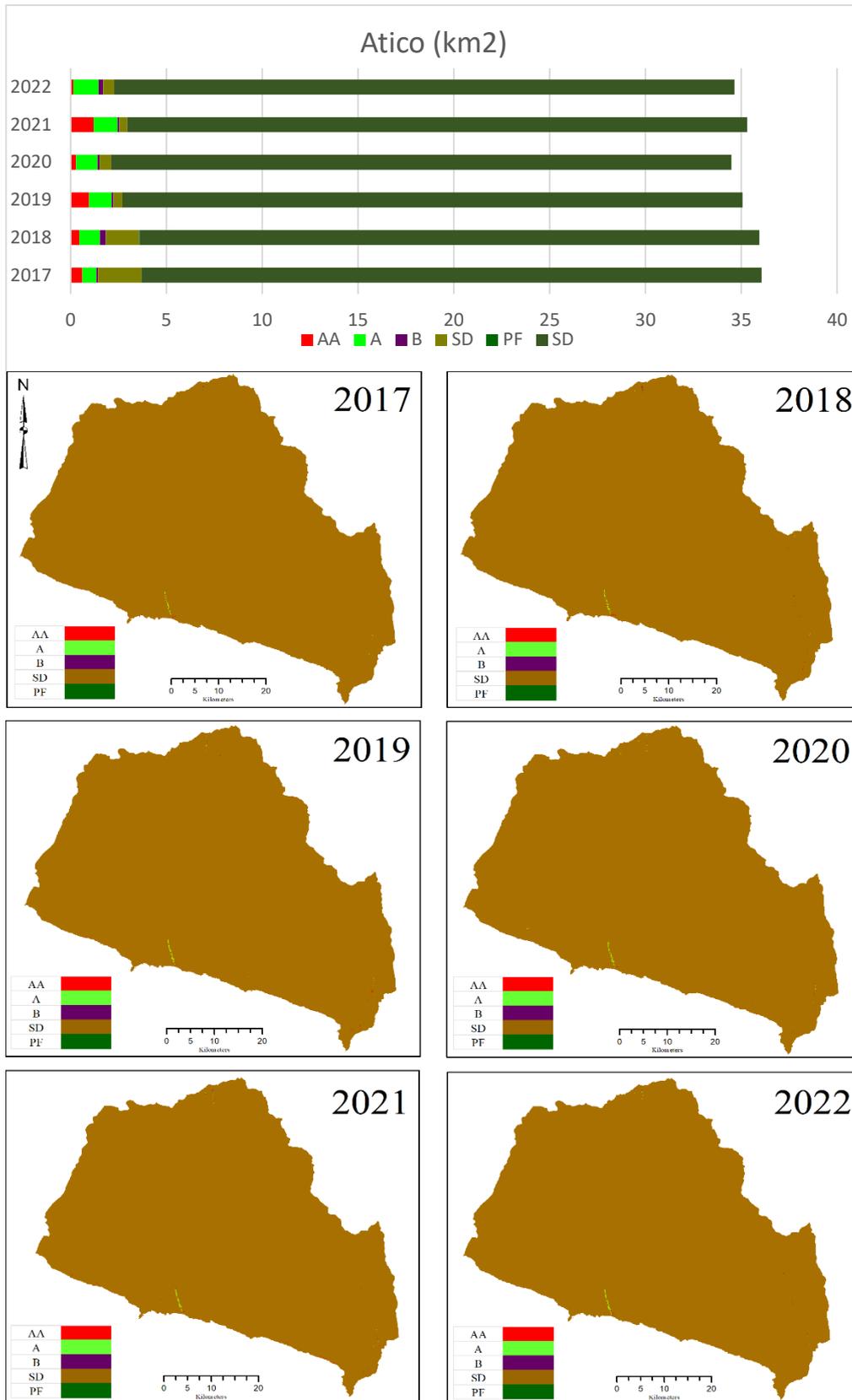


Figura 9.

Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Guadalupe

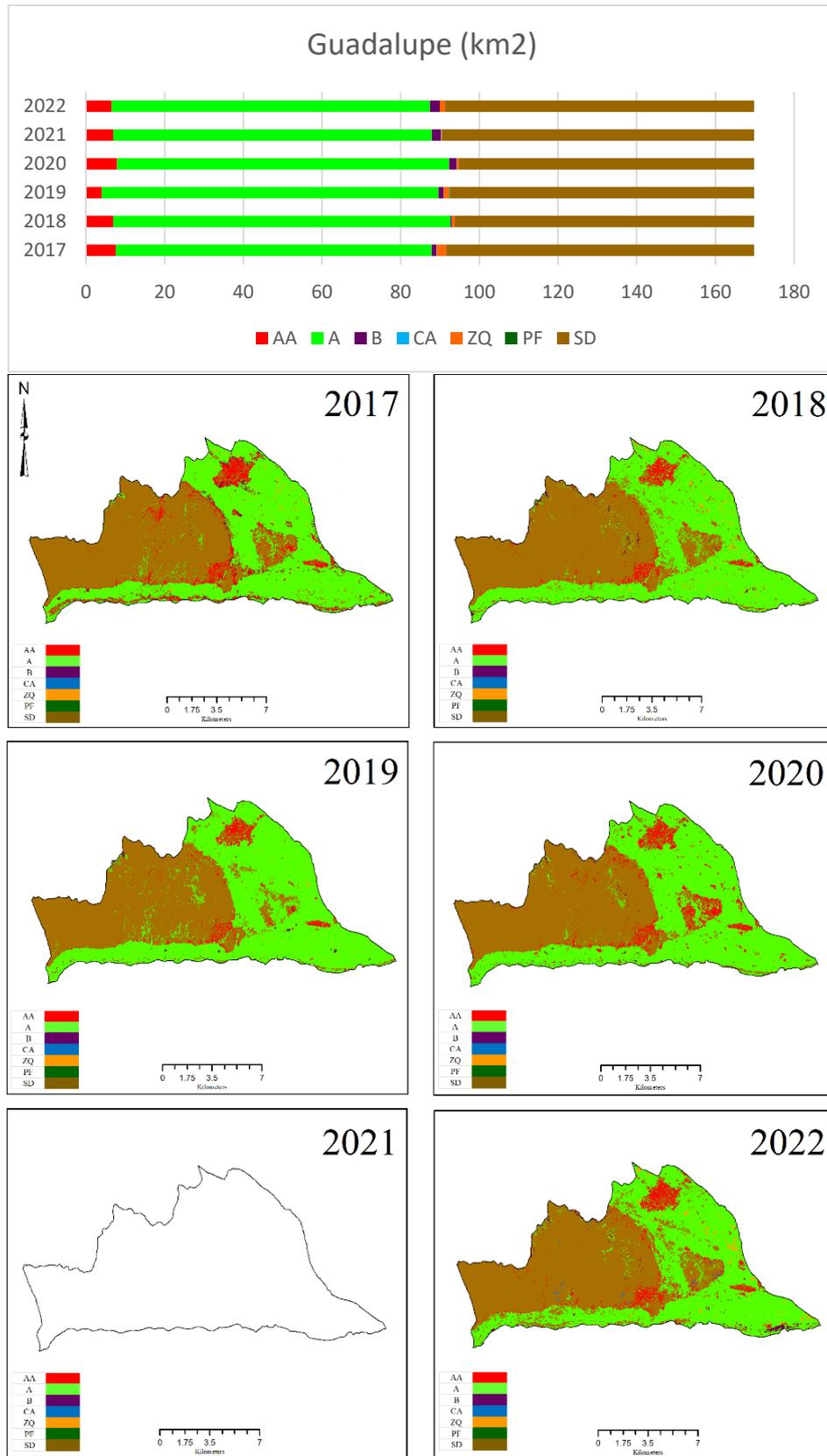


Figura 10.

Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Paccho

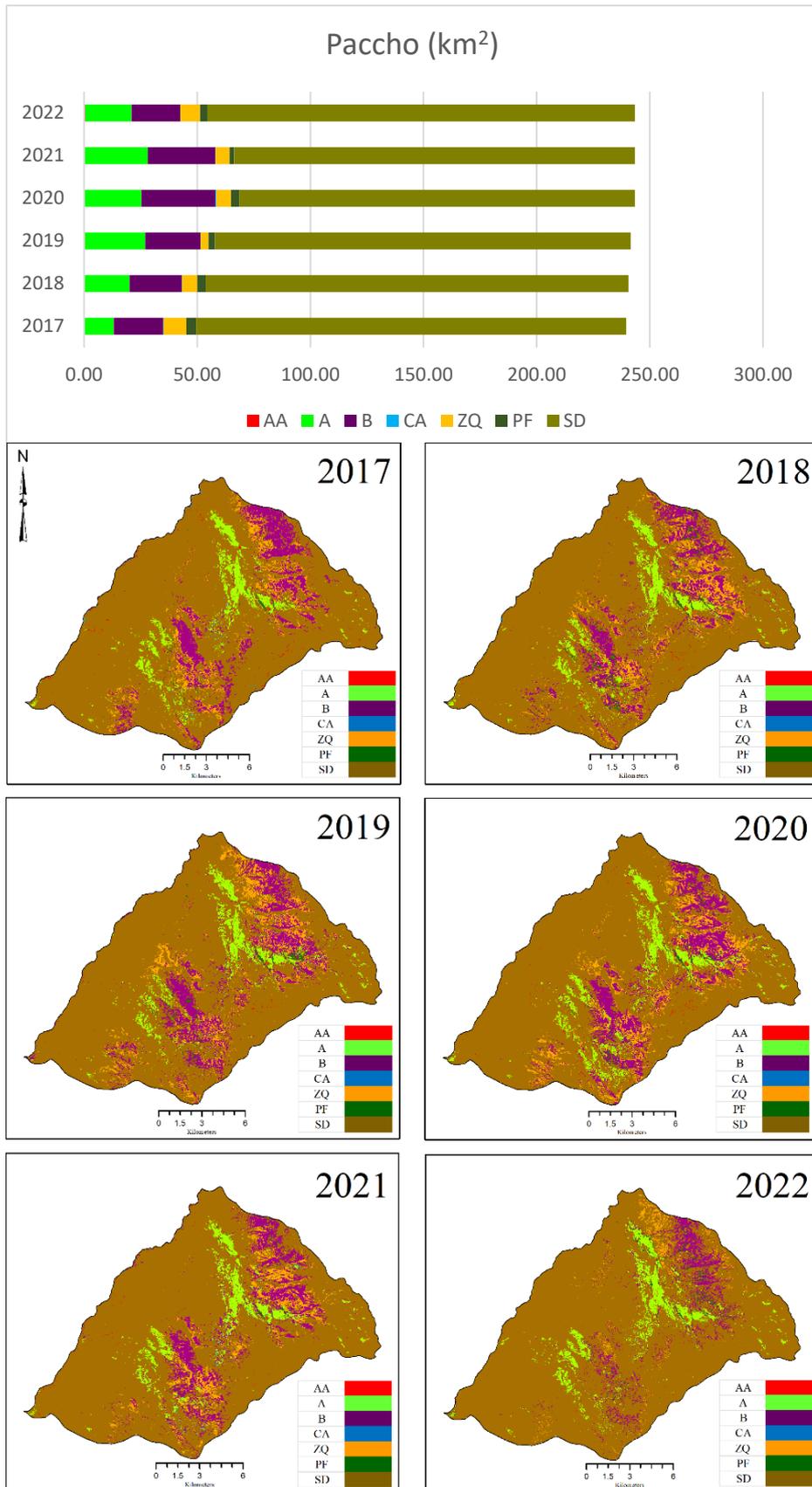


Tabla 10.Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Atico (Km²)

Tipo de cobertura	2017	2018	2019	2020	2021	2022
AA	0.6102	0.4527	0.972	0.2862	1.2078	0.1512
A	0.7434	1.0872	1.1781	1.1187	1.2438	1.3095
B	0.0783	0.3015	0.0963	0.1206	0.1017	0.2475
PF	0.0045	0.0306	0.0009	0.0009		
SD/100	3234.276	3234.276	3234.276	3234.276	3234.276	3234.276

Áreas artificiales (AA); Agricultura (A); Bosque (B); cuerpos de agua (CA); zonas quemadas (ZQ); Plantaciones forestales (PF); Herbáceas (H); Suelo desnudo (SD).

Tabla 11.Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Guadalupe (Km²)

Tipo de cobertura	2017	2018	2019	2020	2021	2022
AA	7.6572	6.939	3.9609	7.9524	6.9039	6.5034
A	80.208	85.7259	85.6332	84.3561	81.0621	80.9226
B	1.2708	0.3942	1.3743	1.9044	2.232	2.5353
CA	0.0144	0.0063	0.0045	0.0144	0.0162	0.0027
ZQ	2.448	0.6993	1.3599	0.6129	0.207	1.3581
PF	0.0054	0.0009	0.1332	0.0018	0.0558	0.0009
SD	78.2172	76.0554	77.3523	74.979	79.344	78.498

Áreas artificiales (AA); Agricultura (A); Bosque (B); cuerpos de agua (CA); zonas quemadas (ZQ); Plantaciones forestales (PF); Herbáceas (H); Suelo desnudo (SD).

Tabla 12.Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo años 2017-2022 en Paccho (Km²)

Tipo de cobertura	2017	2018	2019	2020	2021	2022
AA	0.14	0.21	0.29	0.09	0.22	0.49
A	13.10	19.93	26.76	25.27	27.93	20.48
B	21.81	23.14	24.47	32.79	29.88	21.60
CA	0.11	0.09	0.07	0.27	0.03	0.06
ZQ	10.00	6.71	3.41	6.47	6.22	8.72
PF	4.45	3.69	2.93	3.63	1.96	3.16
SD	189.96	186.82	183.67	174.87	177.15	188.89

Áreas artificiales (AA); Agricultura (A); Bosque (B); cuerpos de agua (CA); zonas quemadas (ZQ); Plantaciones forestales (PF); Herbáceas (H); Suelo desnudo (SD).

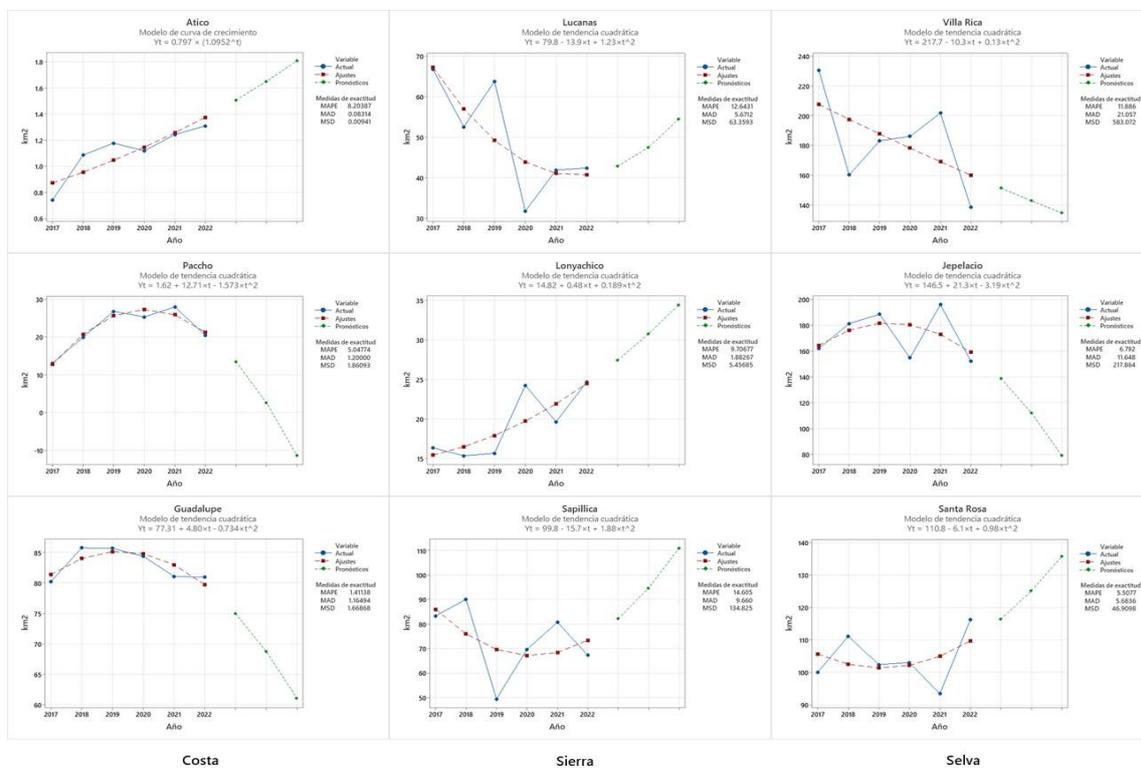
3.6. Modelación de tendencias de cambio de uso de suelo agrícola en los distritos rurales del Perú

En la Figura 5, se puede observar los cambios que ha experimentado la extensión de terreno dedicada a la agricultura en los nueve distritos rurales del Perú. Excepto para el distrito de Atico, en Paccho y Guadalupe se evidencia una reducción acelerada luego de iniciada la pandemia (año 2020). Fenómeno opuesto se observa en el área agrícola de los distritos ubicados en la sierra. En todos los distritos el área dedicada a la agricultura se incrementó durante la Pandemia. En Lucanas (sierra sur del País) luego de una fuerte caída (hasta el 2020), se observa una recuperación durante el periodo 2021-2022.

Por otro lado, en los distritos de la selva, excepto en Santa Rosa, el área dedicada a la agricultura se redujo. Tanto en Villa Rica (Pasco) como en el distrito de Jepelacio (San Martín), se observa un descenso al inicio de la Pandemia (2020), luego hay un incremento en el siguiente año (2021) para finalmente durante el año 2022 reducirse a niveles inferiores.

Figura 11.

Cambio de la extensión de terreno dedicado a la agricultura en los distritos rurales del Perú.



a. Cambios en la agrobiodiversidad de los distritos rurales del Perú.

Tabla 13.

Diversidad de cultivos durante los últimos cinco años (2018-2022) de nueve distritos rurales del Perú (a).

N°	Tipo*	Nombre común	Nombre científico	Familia	Año**				
					2018	2019	2020	2021	2022
1	C.	Maíz	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae	61	62	55	63	65
2	L.	Fréjol	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Fabaceae	33	33	29	29	29
3	F.	Café	<i>Coffea arabica</i> L.	Rubiaceae	60	62	61	61	61
4	F.	Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i> L.	Poaceae	7	8	8	9	8
5	F.	Plátano	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musaceae	26	28	28	26	25
6	R.	Yuca	<i>Manihot esculenta</i> C.	Euphorbiaceae	26	22	25	18	23
7	Le.	Arveja	<i>Pisum sativum</i> L.	Fabaceae	25	20	23	20	21
8	Le.	Habas	<i>Vicia faba</i> L.	Fabaceae	16	14	17	13	21
9	C.	Trigo	<i>Triticum aestivum</i> L.	Poaceae	28	27	30	23	24
10	L.	Maní	<i>Arachis hypogaea</i> L.	Fabaceae	2	1	0	3	3
11	F.	Cacao	<i>Theobroma cacao</i> L.	Malvaceae	1	1	0	0	0
12	V.	Pepinillo	<i>Cucumis sativus</i> L.	Cucurbitaceae	0	0	1	0	0
13	V.	Caigua	<i>Cyclanthera pedata</i> L.	Cucurbitaceae	0	0	1	0	0
14	V.	Lechuga	<i>Lactuca sativa</i> L.	Asteraceae	1	1	1	2	2
15	R.	Rabanito	<i>Raphanus sativus</i> L.	Brassicaceae	0	0	0	0	1
16	T.	Papa	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Solanaceae	29	28	27	26	27
17	R.	Camote	<i>Ipomoea batatas</i> L.	Convolvulaceae	5	4	5	4	11
18	F.	Olivo	<i>Olea europaea</i> L.	Oleaceae	12	14	11	9	6
19	F.	Palta	<i>Persea americana</i> M.	Lauraceae	2	1	4	5	9
20	F.	Ciruela	<i>Prunus domestica</i> L.	Rosaceae	1	0	0	1	0
21	F.	Manzana	<i>Malus domestica</i> B.	Rosaceae	2	1	0	1	1
22	F.	membrillo	<i>Cydonia oblonga</i> M.	Rosaceae	1	0	0	0	0
23	R.	Cebolla	<i>Allium cepa</i> L.	Amaryllidaceae	1	1	0	0	0
24	F.	Higo	<i>Ficus carica</i> L.	Moraceae	1	1	1	0	1
25	F.	Pacae	<i>Inga feuillei</i> DC.	Fabaceae	1	0	0	0	2
26	F.	Naranja	<i>Citrus sinensis</i> L.	Rutaceae	1	1	1	0	2
27	F.	Granada	<i>Punica granatum</i> L.	Lythraceae	1	0	0	2	3
28	F.	Durazno	<i>Prunus persica</i> L.	Rosaceae	6	7	5	6	9
29	V.	Alfalfa	<i>Medicago sativa</i> L.	Fabaceae	9	10	10	8	8

*Se presentan las frecuencias de la presencia de cultivo en 180 agricultores de nueve distritos rurales.

** C= cereales, L=legumbres, F=frutas, R=raíces, T=tuberosas, V= verduras

Tabla 14.

Diversidad de cultivos durante los últimos cinco años (2018-2022) de nueve distritos rurales del Perú (b).

N.º	Tipo*	Nombre común	Nombre científico	Familia	Año**				
					2018	2019	2020	2021	2022
30	F.	Limón	<i>Citrus limon</i> L.	Rutaceae	0	1	1	1	1
31	F.	Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i> T.	Rosaceae	0	0	0	1	0
32	C.	Cebada	<i>Hordeum vulgare</i> L.	Poaceae	13	8	7	11	15
33	R.	Ollucos	<i>Ullucus tuberosus</i> C. <i>Trapeolum tuberosum</i> Ruiz	Basellaceae	1	1	1	3	1
34	R.	Mashua	& Pav.	Tropaeolaceae	2	1	0	0	1
35	R.	Oca	<i>Oxalis tuberosa</i> M.	Oxalidaceae	5	6	9	5	3
36	C.	Quinoa	<i>Chenopodium quinoa</i> W.	Amarantaceae	1	2	4	3	1
37	C.	Avena	<i>Avena sativa</i>	Poaceae	1	0	0	0	1
38	F.	Granadilla	<i>Passiflora ligularis</i> J. <i>Capsicum pubescens</i> Ruiz	Passifloraceae	1	1	1	2	1
39	F.	Rocoto	& Pav	Solanaceae	0	0	0	1	1
40	V.	Ají	<i>Capsicum annuum</i> L.	Solanaceae	1	1	1	1	1
41	F.	Sandía	<i>Citrullus lanatus</i> T.	Cucurbitaceae	1	0	0	0	0
42	R.	Bituca	<i>Colocasia esculenta</i> L.	Araceae	1	1	1	1	1
43	R.	Racacha	<i>Arracacia xanthorrhiza</i> B.	Apiaceae	4	4	4	4	3
44	V.	Zapallo	<i>Cucurbita Maxima</i> D.	Cucurbitaceae	1	0	0	0	0
45	V.	Repollo	<i>Brassica oleracea</i> L.	Brassicaceae	0	0	0	0	2
46	V.	Zanahoria	<i>Daucus carota</i> L.	Apiaceae	2	3	2	3	3
47	L.	Chocho	<i>Lupinus mutabilis</i> S.	Leguminosae	1	1	1	1	1

*Se presentan las frecuencias de la presencia de cultivo en 180 agricultores de nueve distritos rurales.

** C= cereales, L=legumbres, F=frutas, R=raíces, T=tuberosas, V= verduras

Se registró la presencia de 47 cultivos durante 5 años (2018-2022) en los 9 Distritos de las tres regiones naturales del Perú. Cuando dividimos según tipos de cultivos, el 13.51% son cereales (maíz, trigo, cebada, quinoa y avena), el 13.51% son legumbres (frejol, arvejas, habas, maní chocho), las frutas corresponden al 51.35% del total de tipos de cultivos, registrándose como el mayor de los porcentajes. En cuanto a las raíces (yuca, rabanito, camote, cebolla, ollucos, mashuas, ocas, bitucas, racahas), se registraron como el 24.32% del total, las tuberosas con el 2.70% (papa) y las verduras (pepinillo, caigua, lechuga, alfalfa, ají, zapallo, repollo, zanahoria) corresponden al 21.62% respecto al tipo de cultivo (Tablas 4 y 5).

Los cultivos (con nombres comunes y sus respectivos nombres científicos), están correspondidos en 25 familias de plantas que muestran la diversidad de alimentos peruanos. El caso de maíz y café lidera en frecuencia de presencia en todos los casos. Así, las frecuencias con la que el agricultor registró sus cultivos en el año 2018, fueron el maíz

(61 veces) y el café (60 veces). En el año 2019, fueron el maíz y café con 62 veces cada cultivo, seguido de fréjol (33 veces). Para el 2020, la frecuencia de maíz fue de 61 y de café fue 55, en tanto que, para el año 2021 alcanzaron frecuencias de 65 y 61 veces respectivamente (Tablas 4 y 5).

Tabla 15.

Cambios en la diversidad de cultivos por distrito rural durante cinco años (2018-2022).

Región Natural	Distrito	Promedio del número de especies agrícolas cultivadas por agricultor					Δ 2018-22	Tendencia
		2018	2019	2020	2021	2022		
Costa	Atico	2.65	2.1	2.15	2.25	3.3	24.53%	
	Guadalupe	1.55	1.6	1.65	1.65	1.65	6.45%	
	Paccho	3.9	3.8	3.4	3.3	3.4	-12.82%	
Sierra	Lucanas	3.45	2.9	2.75	3.25	3.7	7.25%	
	Lonya Chico	4.75	4.4	4.4	4.4	4.5	-5.26%	
	Sapillica	2.35	2.2	1.8	1.8	1.7	-27.66%	
Selva	Santa Rosa	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	0.00%	
	Jepelacio	3	2.8	2.9	2.7	2.65	-11.67%	
	Villa Rica	1.05	1	1	1.05	1.1	4.76%	
	Resumen	2.71	2.49	2.41	2.45	2.63	-2.87%	

Se representa la tendencia del número de especies promedio, que los agricultores cultivan en los distritos (Tabla 3). En la región costa, y para todos los años (2018-2022), los mayores valores se presentaron en el distrito de Paccho, con hasta 3.9 cultivos (2018), sin embargo, el distrito presenta una variabilidad de -12.82%. En Atico, la tendencia es en aumento (24.53%), al igual que en Guadalupe 6.45%. En la región sierra, los mayores valores para número promedio de cultivos por agricultor, están en Lonya Chico con hasta 4.75 cultivos promedio en el 2018. Sin embargo, este distrito muestra una reducción en la variabilidad de cultivos (-5.26%), al igual que en Sapillica con hasta -27.66% de reducción. Contrariamente, en Lucanas, hubo mayor variabilidad con 7.25%. Para la región sierra, en Jepelacio hubo el mayor promedio para número de cultivos por agricultor (3 en el 2018), pese a que la tendencia de variabilidad se reduce (-11.67%). En Santa Rosa se mantuvo el valor de 1.65 cultivos y en Villa Rica hubo una tendencia de 4.76% en aumento.

Si analizamos desde un contexto según regiones naturales, según distritos, incluso según el impacto post pandemia Covid-19, la tabla 3, muestra la gran dinámica existente en los

indicadores de la agrobiodiversidad aprovechable por los agricultores, y la gran necesidad de gestionar la conservación de los cultivos actuales y los esfuerzos para evitar la reducción del número de cultivos promedio por agricultor, que actualmente varían en -2.87% a nivel general.

Tabla 16.

Cambios de índices de diversidad de Shannon y Margalef por distrito y región natural durante cinco años (2018-2022).

Región natural	Distrito	Índice	2018	2019	2020	2021	2022	Tendencia
Costa	Atico	Shannon_H	2.836	2.879	2.91	2.863	2.904	
		Margalef	4.786	5.083	5.052	4.991	4.535	
	Paccho	Shannon_H	2.956	2.949	2.958	2.966	2.966	
		Margalef	4.361	4.387	4.503	4.535	4.503	
	Guadalupe	Shannon_H	2.942	2.93	2.935	2.935	2.935	
		Margalef	5.533	5.482	5.434	5.434	5.434	
Sierra	Lucanas	Shannon_H	2.922	2.937	2.907	2.958	2.931	
		Margalef	4.487	4.679	4.741	4.552	4.414	
	Lonyachico	Shannon_H	2.949	2.908	2.908	2.915	2.919	
		Margalef	4.172	4.02	4.02	4.02	4	
	Sapillica	Shannon_H	2.893	2.88	2.909	2.924	2.925	
		Margalef	4.935	5.021	5.302	5.302	5.388	
Selva	Villa Rica	Shannon_H	2.979	2.996	2.996	2.979	2.941	
		Margalef	6.241	6.342	6.342	6.241	6.147	
	Jepelacio	Shannon_H	2.933	2.933	2.962	2.94	2.937	
		Margalef	4.641	4.72	4.679	4.763	4.786	
	Santa Rosa	Shannon_H	2.801	2.859	2.859	2.859	2.859	
		Margalef	5.148	5.434	5.434	5.434	5.434	

A partir del índice de Shannon, se registró el número máximo de especies junto con su distribución uniforme; en la costa fue el distrito de Guadalupe ($H' = 2.942$) en el 2018, Paccho en los años 2019, 2020, 2021, 2022 ($H' = 2.949$ y $H' = 2.958$, $H' = 2.966$ respectivamente). En la sierra, el mayor índice de Shannon se presentó en Lonyachico para el año 2018, Lucanas en los años 2019, 2021 y 2022 ($H' = 2.922$, $H' = 2.097$, $H' = 2.958$, y $H' = 2.931$, en el orden dado), y Sapillica en el 2020 ($H' = 2.909$). Así mismo, a partir del índice de Shannon, se registró el número máximo de especies junto con su distribución uniforme para la selva, y fue en el distrito de Villa Rica ($H' = 2.979$) en el año 2018, 2019 ($H' = 2.996$), 2020 ($H' = 2.996$) los índices con mayores valores. Resultó en valores más bajos para los índices de diversidad, debido a la consideración

tanto del número de especies registradas como de su abundancia relativa en la selva, para el distrito de Santa Rosa en todos los años (2018 -2022).

Respecto al valor del índice de riqueza de especies de Margalef, está relacionado directamente con el número de especies presentes en cada distrito. Así para la región costa, se registró los mayores valores en Guadalupe en los 5 años (SR 2018= 5.533, SR 2019= 5.482, SR 2020=5.434, SR 2021=5.434, SR 2022=5.434). En la sierra, el SR mayor fue en todos los años para Sapillica (SR 2018= 4.935, SR 2019= 5.021, SR 2020=5.302, SR 2021=5.302, SR 2022=5.388); y en la selva, para los 5 años, se presentaron los mayores valores de índice, en Villarica (SR 2018= 6.241, SR 2019= 6.342, SR 2020=6.342, SR 2021=6.241, SR 2022=6.147). El menor valor respecto al total, está correspondido en Lonya Chico (Sierra, 2022) con 4 de índice SR.

b. Modelos de tendencias históricas y futuras para la diversidad agrícola productiva a nivel de tipo de especie de cultivo y familia de especie de cultivo.

La frecuencia anual (2018-2022) en promedio, se representó en modelos de tendencias, para los diferentes tipos de cultivos. En todos los casos, el mejor ajuste (según MAPE, MAD Y MSD), se presentó usando el modelo de tendencia cuadrática. Los valores de la MAD mostraron valores de 0.27 en tuberosas, 0.07 en frutas, 0.09 en cereales, 0.29 en legumbres y 0.30 en raíces. Al ser las tuberosas, las de menor valor, significa que tuvieron el mejor ajuste para tipos de cultivos. Para todos los tipos de cultivos, el modelo pronostica una tendencia positiva en alza (Figura 6).

Respecto al MAPE para tipo de cultivo, el pronóstico para raíces, está errado en 6.80 %, siendo éste el mayor valor de error identificado. El resto de valores MAPE, para tipos de cultivo están entre 2.12% (leguminosas) y 0,46 % (en cereales). Para la medida MSD, la exactitud de los valores ajustados de las series de tiempo va de 0.07 en frutas (mayor ajuste), a 0.27 en tuberosas representando el menor ajuste (Figuras 6).

Los modelos de tendencia histórica y proyección al año 2025 para la diversidad agrícola productiva, según familia de cultivo, se presentan en las figuras 7, 8, 9 y 10. Un total de 25 familias de plantas fueron identificadas en las 3 regiones naturales, correspondidas en 9 distritos del Perú. En ese sentido, los valores MAPE, MAD y MSD, tuvieron los mejores ajustes para el modelo de tendencia cuadrática en todos los casos. Para el año 2025, las

proyecciones en tendencia positiva corresponden a las familias de las poaceae, rutaceae, rosaceae, solanaceae, tropaeolaceae, malvaceae, lythraceae, moraceae, lauraceae, fabaceae, euphorbiaceae, convolvulaceae, brassicaceae, asteraceae, amarillydaceae. En tanto que, las proyecciones en tendencia negativa corresponden a las familias de las passifloraceae, rubiaceae, olaceae, oxalidaceae, musaceae, cucurbitaceae, basellaceae, apiaceae, amarantaceae.

Figura 12.

Modelo de tendencia histórica y proyección al año 2025 para la diversidad agrícola productiva según tipo de cultivo

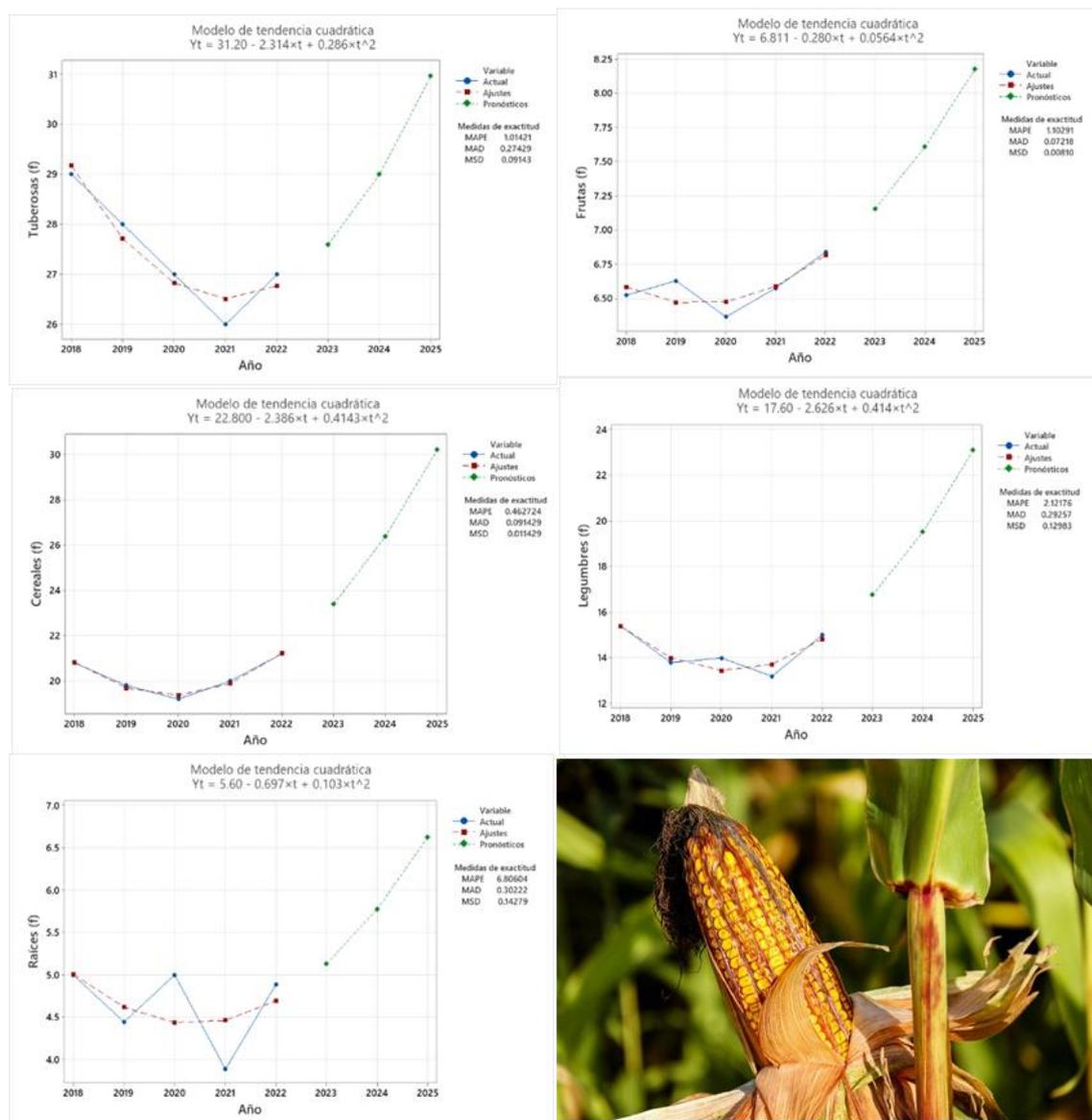


Figura 13.

Modelo de tendencia histórica y proyección al año 2025 para la diversidad agrícola productiva según familia de cultivo (Parte A).

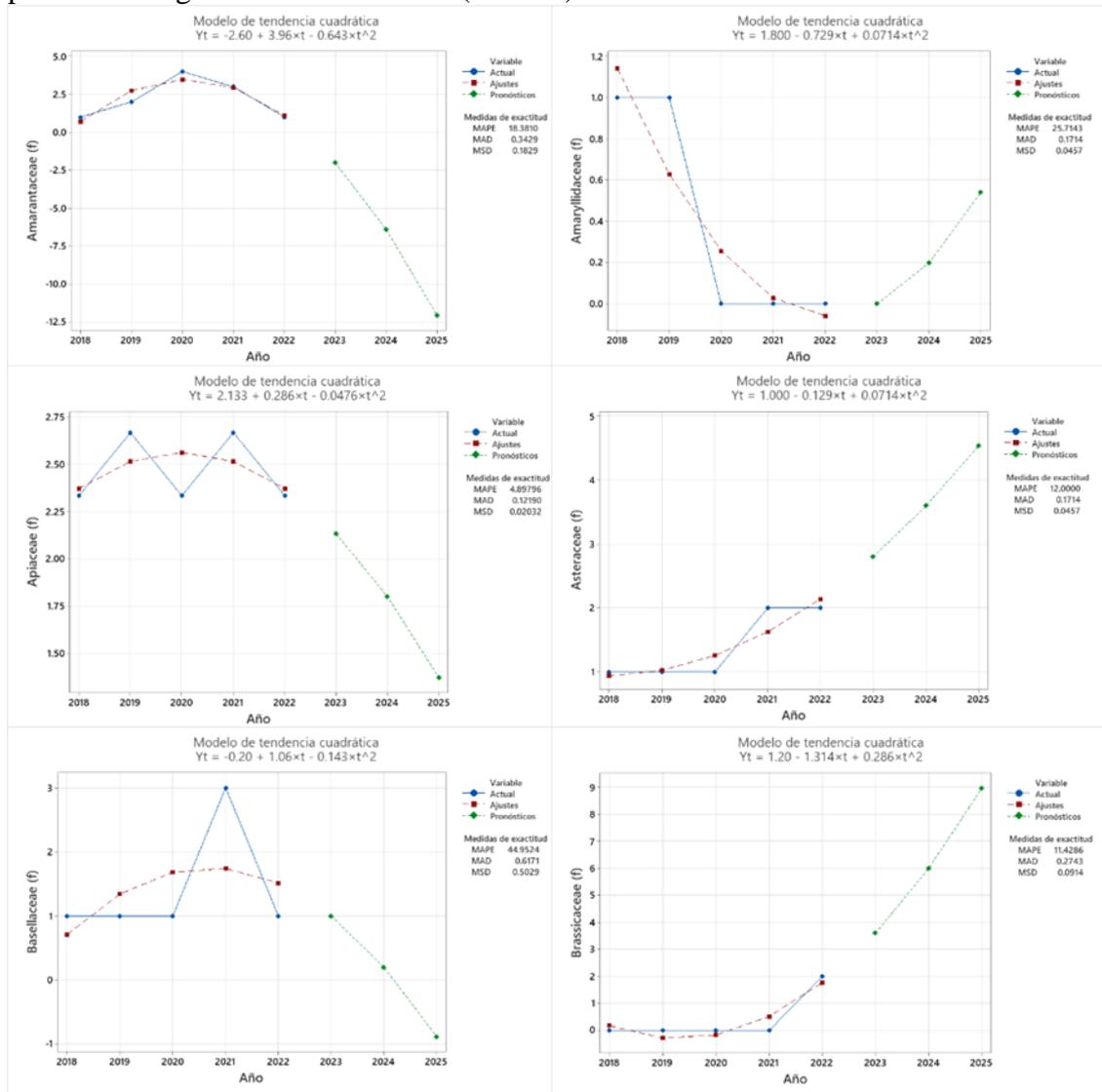


Figura 14.

Modelo de tendencia histórica y proyección al año 2025 para la diversidad agrícola productiva según familia de cultivo (Parte B).

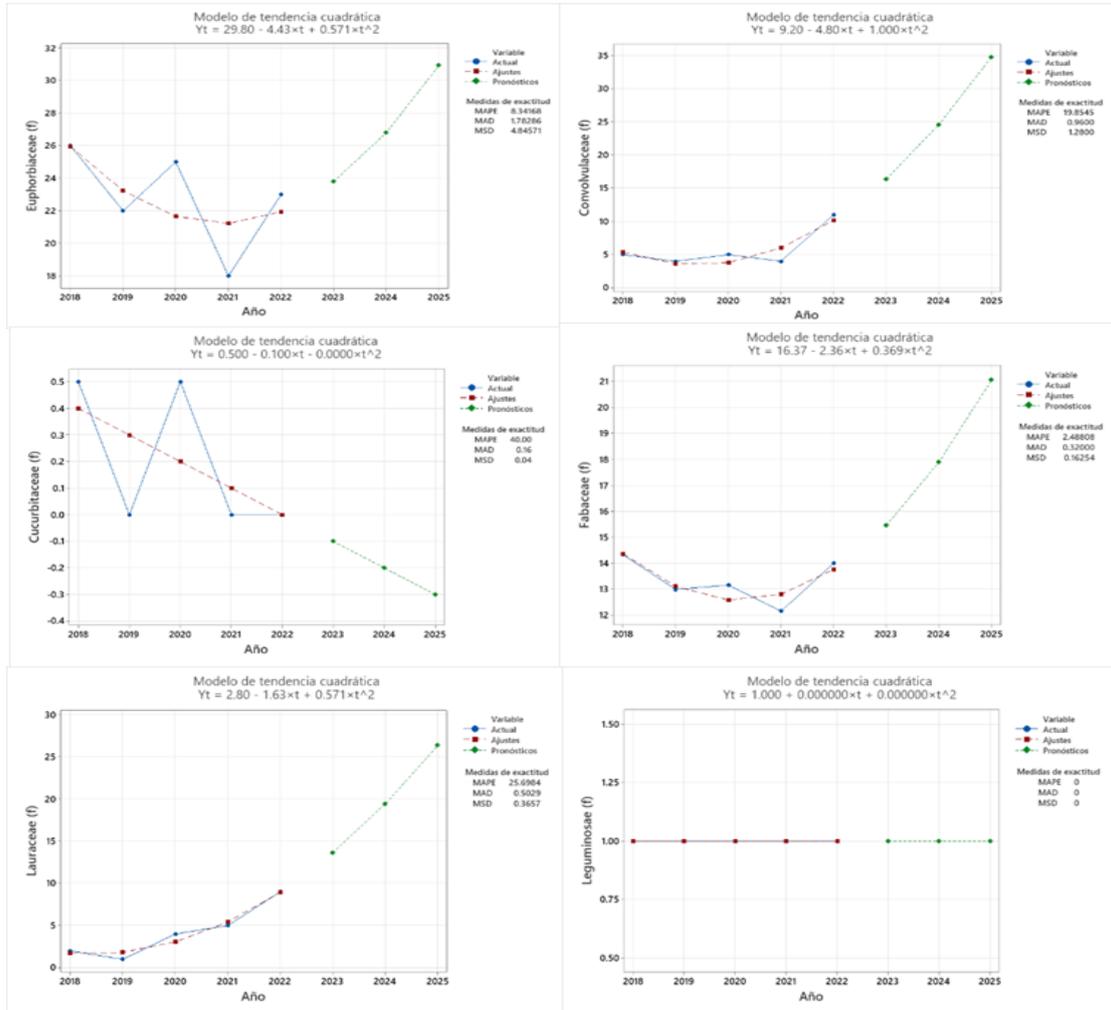


Figura 15.

Modelo de tendencia histórica y proyección al año 2025 para la diversidad agrícola productiva según familia de cultivo (Parte C)

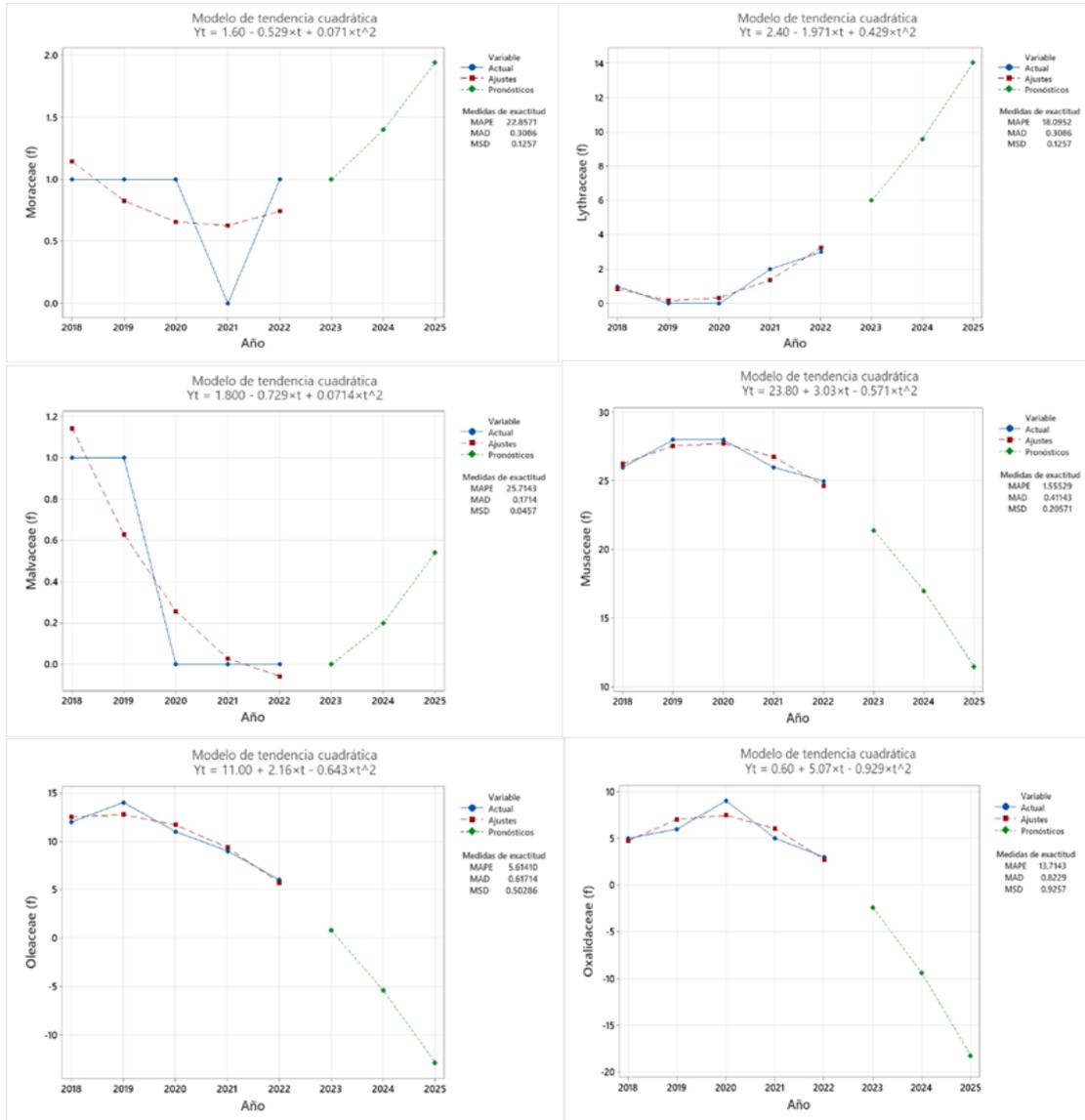
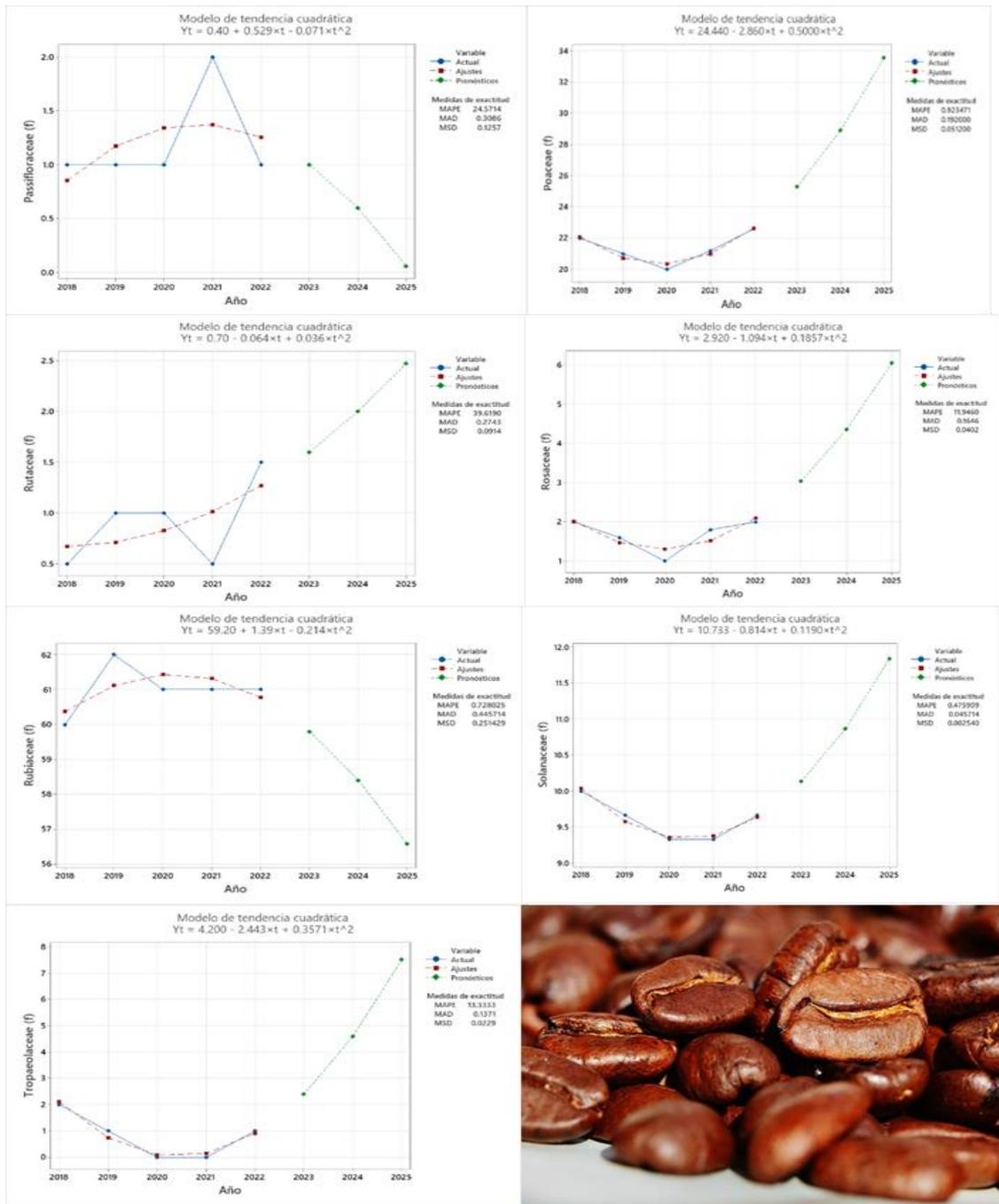


Figura 16.

Modelo de tendencia histórica y proyección al año 2025 para la diversidad agrícola productiva según familia de cultivo (Parte D).



IV. DISCUSIÓN

Las áreas integradas destinadas a actividades agrícolas para los distritos amazónicos (Santa Rosa, Jepelacio y Villa Rica) son proporcionalmente inferiores a las calculadas para otras zonas; por lo que es necesario todavía realizar trabajos de validación en campo puesto que tal como ha sido demostrado por Narayana et al. (2021), en terrenos tropicales, la reflectancia de las plantaciones generalmente coinciden con la del bosque y se hace imposible en gabinete separarlas. Consideramos, por lo tanto, que estos datos se ajustarán con trabajos de validación en campo. Aunque otros trabajos encontraron también bajos niveles de precisión en cultivos temporales y pastizales en trabajos realizados en el Medio oriente (Shafizadeh-Moghadam et al., 2021)

Por otro lado, las superficies calculadas mediante análisis de imagen, difieren con los reportes estadísticos del SIEA del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2022). Esto debe tomarse con mucho cuidado, puesto que como se discutió en el párrafo anterior, los trabajos GIS requieren de acciones de validación en campo y los reportes estadísticos son completados por proyecciones e intención de siembra que los productores manifiestan.

El presente estudio se centró en investigar la variabilidad histórica de cultivos agrícolas en las tres regiones naturales del Perú, de estos cultivos, se obtuvo los Índices de diversidad agrícola, y tendencias, para finalmente presentar modelos para la proyección de tipos de cultivos y familias de cultivos para el agricultor peruano. A continuación, se discutirán los hallazgos en relación con la literatura científica pertinente.

La diversidad de cultivos es muy dinámica entre años y entre zonas, y se justifica estudiarles bajo una necesidad de conocer una línea base para la toma de decisiones en aspectos agrícolas. Así la diversidad genética, no sólo es necesaria para mantener la diversidad entre las especies (Lankau & Strauss, 2007), también, es responsable de la diversidad de alimentos, medicamentos y fibras disponibles en los ecosistemas para el ser humano. Por lo tanto, es fundamental adoptar enfoques diferenciados para la conservación y promoción de la agrobiodiversidad en contextos locales.

Los ecosistemas naturales y modificados aportan una multitud de funciones y servicios que contribuyen al bienestar humano (Charles et al., 2010). Desde hace tiempo se reconoce que la biodiversidad desempeña un papel importante en el funcionamiento de los ecosistemas. Se propone utilizar datos de frecuencia de siembra de cultivos específicos

como indicadores para proporcionar información indirecta sobre la siembra de cultivos futuros (Boryan et al., 2014).

Mientras que estudios posteriores sugieren que unas pocas especies dominantes pueden suministrar la mayoría de los servicios ecosistémicos (Omoró et al., 2010), el caso de la diversidad agrícola productiva requiere riqueza y abundancia. Por tanto, dominantes o muchas especies complementarias para proporcionar servicios ecosistémicos.

Los cambios en la respuesta de los servicios ecosistémicos a la biodiversidad pueden operar de forma combinada (Ifo et al., 2016). Dependiendo del tipo de cultivo, los agricultores valoran el rendimiento de los cultivos comercializables de superficie, sino también en función del peso de los frutos o de las semillas peso de los frutos o las semillas (Ramirez-Hernandez et al., 2020).

La economía peruana ha crecido a un ritmo vertiginoso en las últimas tres décadas. El PIB de Perú aumentó más de tres veces, de 60 000 millones de USD en 1990 a 215 000 millones de USD en 2019 (The World Bank, 2019). En línea con el crecimiento económico, Perú enfrenta un consumo mayor de alimentos, por lo que la data de esta investigación muestra una alerta para la conservación y búsqueda de nuevas fuentes para fortalecer la seguridad alimentaria en el campo y la ciudad (Ramirez-Hernandez et al., 2020). Los pequeños agricultores son los custodios más importantes de recursos fitogenéticos para la conservación in situ. Pese a ello, la complejidad del Perú agrícola rural incorpora las condiciones de pobreza y desarrollo en un contexto geográfico, que se combinan con la transformación de los sistemas alimentarios y cambio climático (Zimmerer et al., 2020). Los valores retrospectivos de diversidad en este estudio, permitirán relacionar con la disponibilidad de alimentos de cada zona. Así también las tendencias prospectivas, permitirán buscar estrategias para anticiparnos a esa falta de alimentos futuros en cuestiones de cantidad y disponibilidad, para el consumo local. Se reafirma entonces que las capacidades emergentes de la agrobiodiversidad, proporcionan activamente un grado parcial de soberanía alimentaria (Hernández et al., 2022).

Esta dinámica de diversidad agrícola productiva, puede ser atribuido a diversos factores como la adopción de prácticas agrícolas sostenibles. La literatura refiere que las comunidades biológicamente diversas también tienen más probabilidades de contener especies que confieren resiliencia a ese ecosistema porque a medida que una comunidad acumula especies, existe una mayor probabilidad de que cualquiera de ellas tenga rasgos

que les permitan adaptarse a un entorno cambiante. Tales especies podrían amortiguar el sistema contra la pérdida de otras especies (Cleland, 2011). Estos hallazgos resaltan la importancia de promover estrategias de conservación y manejo de la agrobiodiversidad para garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible en el Perú.

La migración inversa causada por la pandemia Covid-19 ha generado cambios significativos en las dinámicas rurales y la producción agrícola, por ejemplo, el impactado en la agrobiodiversidad y la seguridad alimentaria. Estudios han documentado los efectos de la enfermedad en la salud pública, ya que las medidas para contener el Covid-19 plantean riesgos significativos para la seguridad alimentaria y nutricional debido a las descensos en la producción, la distribución y el acceso a los alimentos (Amjath-Babu et al., 2020). Este fenómeno afectó primariamente a familias de bajos recursos en zonas más pobres de Lima y de las principales ciudades. Ante la situación tuvieron la necesidad de migrar de retorno a sus centros de origen con la esperanza de encontrar mejores condiciones (Fort et al., 2021). La migración inversa puede tener tanto efectos positivos como negativos en la agrobiodiversidad. Por un lado, puede promover la revitalización de prácticas agrícolas tradicionales y el uso de variedades locales, lo cual contribuye a la conservación de la agrobiodiversidad. También, la pandemia ofrece oportunidades para replantearse todo el aspecto de la migración, y, utilizando las capacidades innatas o adquiridas de los migrantes que han retornado, intentar resolver problemas pendientes en el sector rural (Kaur & Shubham, 2021). Por otro lado, la migración inversa tiene amplios efectos directos e indirectos sobre pérdida de biodiversidad y la salud de los ecosistemas. Debido a factores financieros, culturales y muchos otros, las personas participan en actividades que promueven la deforestación y el comercio de vida silvestre para apoyar sus medios de vida (Seethi, 2022).

Determinadas acciones políticas, como subsidios a industrias extractivas, agrícolas y de desarrollo, pueden generar un rápido crecimiento económico, pero también pueden exacerbar los cambios en el uso de la tierra, la pérdida de biodiversidad, las emisiones de gases de efecto invernadero y la intensificación agrícola insostenible, todo ello puede generar condiciones para futuras enfermedades emergentes (Lawler et al., 2021). Por tanto, también es necesario implementar estrategias de manejo y políticas adecuadas que promuevan la sostenibilidad de la agrobiodiversidad en el contexto de cambios por la migración inversa.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos nos permiten abordar las siguientes conclusiones:

La migración inversa por la pandemia Covid-19 afectó el área dedicada a la agricultura en el espacio rural del Perú. Este efecto fue diferente según la ubicación geográfica y zona natural del distrito rural.

Los lugares con grandes explotaciones agrarias sufrieron reducción del área dedicada a la agricultura a diferencia de los distritos con pequeñas parcelas como Atico en la costa y Lonyachico en la sierra.

Este estudio revela cambios significativos en la diversidad de especies agrícolas cultivadas en diferentes distritos del Perú durante el periodo de 2018 a 2022, influenciados por el fenómeno de migración inversa causado por la pandemia Covid-19

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adhikari, J., Timsina, J., Khadka, S. R., Ghale, Y., & Ojha, H. (2021). COVID-19 impacts on agriculture and food systems in Nepal: Implications for SDGs. *Agricultural Systems*, 186(June 2020), 102990. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102990>
- Alexandri, C., Luca, L., & Kevorchian, C. (2015). Subsistence economy and food security – the case of rural households from Romania. *Procedia Economics and Finance*, 22(November 2014), 672–680. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00282-8](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00282-8)
- Alvi, M., Barooah, P., Gupta, S., Saini, S., & Asia, S. (2021). Women ' s access to agriculture extension amidst COVID-19 : Insights from. *Agricultural Systems*, 188(December 2020), 103035. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103035>
- Amjath-Babu, T. S., Krupnik, T. J., Thilsted, S. H., & McDonald, A. J. (2020). Key indicators for monitoring food system disruptions caused by the COVID-19 pandemic: Insights from Bangladesh towards effective response. *Food Security*, 12(4), 761–768. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01083-2>
- Balwinder-Singh, Shirsath, P. B., Jat, M. L., McDonald, A. J., Srivastava, A. K., Craufurd, P., Rana, D. S., Singh, A. K., Chaudhari, S. K., Sharma, P. C., Singh, R., Jat, H. S., Sidhu, H. S., Gerard, B., & Braun, H. (2020). Agricultural labor, COVID-19, and potential implications for food security and air quality in the breadbasket of India. *Agricultural Systems*, 185(June), 102954. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102954>
- Béné, C., Oosterveer, P., Lamotte, L., Brouwer, I. D., de Haan, S., Prager, S. D., Talsma, E. F., & Khoury, C. K. (2019). When food systems meet sustainability – Current narratives and implications for actions. *World Development*, 113, 116–130. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.08.011>
- Boryan, C. G., Yang, Z., & Willis, P. (2014). US GEOSPATIAL CROP FREQUENCY DATA LAYERS. *IEEE. Third International Conference on Agro-Geoinformatics* .
- Boughton, D., Goeb, J., Lambrecht, I., Headey, D., Takeshima, H., Mahrt, K., Masias, I., Goudet, S., Ragasa, C., Maredia, M. K., Minten, B., & Diao, X. (2021). Impacts of COVID-19 on agricultural production and food systems in late transforming Southeast Asia : The case of Myanmar. *Agricultural Systems*, 188(December 2020),

103026. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2020.103026>

- Castillo, E. B., Turpo Cayo, E. Y., De Almeida, C. M., López, R. S., Rojas Briceño, N. B., Silva López, J. O., Gurbillón, M. Á. B., Oliva, M., & Espinoza-Villar, R. (2020). Monitoring wildfires in the northeastern peruvian amazon using landsat-8 and sentinel-2 imagery in the GEE platform. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/ijgi9100564>
- Charles, H., Godfray, J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M., & Toulmin, C. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, 327(812).
- Cleland, E. E. (2011). Trait divergence and the ecosystem impacts of invading species. *New Phytologist*, 189(3), 649–652. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03607.x>
- Dandekar, A., & Ghai, R. (2020). Migration and Reverse Migration in the Age of COVID-19. *Economic & Political Weekly*, 55(19), 28–31. http://libraryopac.iimk.ac.in/EPW/7_EPW_Vol_LV_No_19.pdf#page=28
- Elsahoryi, N., Al-Sayyed, H., Odeh, M., McGrattan, A., & Hammad, F. (2020). Effect of Covid-19 on food security: A cross-sectional survey. *Clinical Nutrition ESPEN*, 40, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2020.09.026>
- Ferguson, C. E., Tuxson, T., Mangubhai, S., Jupiter, S., Govan, H., Bonito, V., Alefaio, S., Anjiga, M., Booth, J., Boslogo, T., Boso, D., Brenier, A., Caginitoba, A., Ciriyaawa, A., Fahai'ono, J. B., Fox, M., George, A., Eriksson, H., Hughes, A., ... Waide, M. (2022). Local practices and production confer resilience to rural Pacific food systems during the COVID-19 pandemic. *Marine Policy*, 137(January), 104954. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.104954>
- Food and Agriculture Organization. (2020). *meteorológicos extremos y la crisis de la COVID-19: anticipar las repercusiones en la disponibilidad de alimentos*. <https://doi.org/https://doi.org/10.4060/cb0206es>
- Fort, R., Espinoza, M., & Espinoza, Á. (2021). COVID-19 y las migraciones de la ciudad al campo en el Perú: Identificación de amenazas y oportunidades para el uso sostenible del capital natural. *Nota Técnica N° IDB-TN-02234*, 56. <https://publications.iadb.org/es/covid-19-y-las-migraciones-de-la-ciudad-al-campo->

en-el-peru-identificacion-de-amenazas-y

- García, L., Veneros, J., & Tineo, D. (2020). Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS-CoV-2): A national public health emergency and its impact on food security in Peru. *Scientia Agropecuaria*, 11(2), 241–245. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2020.02.12>
- Hamud, A. M., Shafri, H. Z. M., & Shaharum, N. S. N. (2021). Monitoring Urban Expansion and Land Use/Land Cover Changes in Banadir, Somalia Using Google Earth Engine (GEE). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 767(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/767/1/012041>
- Hernández, C., Perales, H., & Jaffee, D. (2022). “Without Food there is No Resistance”: The impact of the Zapatista conflict on agrobiodiversity and seed sovereignty in Chiapas, Mexico. *Geoforum*, 128, 236–250. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.08.016>
- Horton, B., & Horton, P. (2020). COVID-19 and the Climate Emergency: Do Common Origins and Solutions Reside in the Global Agrifood System? *One Earth*, 3(1), 20–22. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.06.006>
- Ifo, S. A., Moutsambote, J. M., Koubouana, F., Yoka, J., Ndzai, S. F., Bouetou-Kadilamio, L. N. O., Mampouya, H., Jourdain, C., Bocko, Y., Mantota, A. B., Mbemba, M., Mouanga-Sokath, D., Odende, R., Mondzali, L. R., Wenina, Y. E. M., Ouissika, B. C., & Joel, L. J. (2016). Tree Species Diversity, Richness, and Similarity in Intact and Degraded Forest in the Tropical Rainforest of the Congo Basin: Case of the Forest of Likouala in the Republic of Congo. *International Journal of Forestry Research*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/7593681>
- INEI. (2018). *Directorio de Comunidades Nativas y Campesinas* (Issue Tomo I).
- Instituto Geográfico Nacional. (2023). *Peru - Subnational Administrative Boundaries*. <https://Data.Humdata.Org/Dataset/Cod-Ab-Per>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021). *Estadísticas: Cuentas nacionales*. Base de Datos. <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>
- Kaur, B., & Shubham, S. (2021). COVID-19 Crisis Through a Reverse Migration Lens. *Rural Pulse*, 36, 1–4.

<https://www.nabard.org/auth/writereaddata/tender/2312213756rural-pulse-covid-induced-migration-final-comments.pdf>

- Kennedy, E., Jafari, A., Stamoulis, K. G., & Callens, K. (2020). The first Programme food and nutrition security, impact, resilience, sustainability and transformation: Review and future directions. *Global Food Security*, 26(May), 100422. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100422>
- Kumar, P., Dobriyal, M., Kale, A., Pandey, A. K., Tomar, R. S., & Thounaojam, E. (2022). Calculating forest species diversity with information-theory based indices using sentinel-2A sensor's of Mahavir Swami Wildlife Sanctuary. *PLoS ONE*, 17(5 May). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268018>
- Kumar, P., Singh, S. S., Pandey, A. K., Singh, R. K., Srivastava, P. K., Kumar, M., Dubey, S. K., Sah, U., Nandan, R., Singh, S. K., Agrawal, P., Kushwaha, A., Rani, M., Biswas, J. K., & Drews, M. (2021). Multi-level impacts of the COVID-19 lockdown on agricultural systems in India: The case of Uttar Pradesh. *Agricultural Systems*, 187(December 2020), 103027. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103027>
- Lankau, R. A., & Strauss, S. Y. (2007). Mutual feedbacks maintain both genetic and species diversity in a plant community. *Science*, 317(5844), 1561–1563. <https://doi.org/10.1126/science.1147455>
- Lawler, O. K., Allan, H. L., Baxter, P. W. J., Castagnino, R., Tor, M. C., Dann, L. E., Hungerford, J., Karmacharya, D., Lloyd, T. J., López-Jara, M. J., Massie, G. N., Novera, J., Rogers, A. M., & Kark, S. (2021). The COVID-19 pandemic is intricately linked to biodiversity loss and ecosystem health. *The Lancet Planetary Health*, 5(11), e840–e850. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00258-8](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00258-8)
- Li, Y., Zhou, T., Jiang, G., Li, G., Zhou, D., & Luo, Y. (2021). Spatial pattern and mechanisms of farmland abandonment in Agricultural and Pastoral Areas of Qingzang Plateau. *Geography and Sustainability*, 2(3), 139–150. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.06.003>
- Loopstra, R. (2020). *Vulnerability to food insecurity since the COVID-19 lockdown Preliminary report. April*. <https://ukdataservice.ac.uk/>.
- Lorenzo, C. (2020). Medición de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la Unión Europea a través de indicadores compuestos. In *Medición de los Objetivos de*

Desarrollo Sostenible en la Unión Europea a través de indicadores compuestos (Vol. 2020). <https://doi.org/10.33960/issn-e.1885-9119.dte2>

- Loske, D. (2020). The impact of COVID-19 on transport volume and freight capacity dynamics: An empirical analysis in German food retail logistics. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 6, 100165. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100165>
- Ma, N. L., Peng, W., Soon, C. F., Noor Hassim, M. F., Misbah, S., Rahmat, Z., Yong, W. T. L., & Sonne, C. (2020). Covid-19 pandemic in the lens of food safety and security. *Environmental Research*, October, 110405. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110405>
- Maxwell, S., & Smith, M. (1992). *FoodSecurity-Concept of Food Security2.pdf*. <http://www.drcsc.org/resources/FoodSecurity-Concept of Food Security2.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022). *Sistema Integrado de Estadística Agraria. Avance Campaña Agrícola 2021-2022*. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiN2I3YmQ0YzctOTQyZC00MDhiLTlmMTQtODJmMTFhYmU5YmM5IiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OT E3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9>
- Mukhra, R., Krishan, K., & Kanchan, T. (2020). COVID-19 Sets off Mass Migration in India. *Archives of Medical Research*, 51(7), 736–738. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2020.06.003>
- Narayana, K., Reddy, K., & Sridhar, V. (2021). Analysis of land use and land cover using machine learning algorithms on google earth engine for Munneru river basin, India. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 24). <https://doi.org/10.3390/su132413758>
- Niles, M. T., Bertmann, F., Belarmino, E. H., Wentworth, T., Biehl, E., & Neff, R. A. (2020). The Early Food Insecurity Impacts of COVID-19. *MedRxiv*, 19, 2020.05.09.20096412. <https://doi.org/10.1101/2020.05.09.20096412>
- Oktavilia, S., & Firmansyah, F. (2016). International Journal of Economics and Financial Issues The Relationships of Environmental Degradation and Trade Openness in Indonesia. *International Journal of Economics and Financial Issues* |, 6(S6), 125–129.

- Oluwaseun, I. J. (2022). Rural Women ' s Coping Strategies Against the Effects of Covid-19 Pandemic in Rural Women ' s Coping Strategies Against the Effects of Covid-19 Pandemic in Ilorin East Local Government Area of Kwara State , Nigeria. *Al-Qadisiyah Journal For Agriculture Sciences*, 12(1). <https://doi.org/10.33794/qjas.2022.173280>
- Omoru, L. M. A., Pellikka, P. K. E., & Rogers, P. C. (2010). Tree species diversity, richness, and similarity between exotic and indigenous forests in the cloud forests of Eastern Arc Mountains, Taita Hills, Kenya. *Journal of Forestry Research*, 21(3), 255–264. <https://doi.org/10.1007/s11676-010-0069-0>
- Priyadarshini, P., & Abhilash, P. C. (2021). Agri-food systems in India: Concerns and policy recommendations for building resilience in post COVID-19 pandemic times. *Global Food Security*, 29(March), 100537. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100537>
- Ramirez-Hernandez, A., Galagarza, O. A., Álvarez Rodriguez, M. V., Pachari Vera, E., Valdez Ortiz, M. del C., Deering, A. J., & Oliver, H. F. (2020). Food safety in Peru: A review of fresh produce production and challenges in the public health system. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3323–3342. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12647>
- Seema, P., & Mamgain, P. (2020). a Study on Reverse Migration of Human Resources: a Study of Uttarakhand State. *PalArch's Journal of Archaeology of ...*, 17(7), 8961–8975. <https://archives.palarch.nl/index.php/jae/article/view/3832>
- Seethi, K. M. (2022). *Human Mobility and Reverse Migration in Asia : Triggers and Travails*. 14, 25–41.
- Shafizadeh-Moghadam, H., Khazaei, M., Alavipanah, S. K., & Weng, Q. (2021). Google Earth Engine for large-scale land use and land cover mapping: an object-based classification approach using spectral, textural and topographical factors. In *GIScience and Remote Sensing* (Vol. 58, Issue 6, pp. 914–928). <https://doi.org/10.1080/15481603.2021.1947623>
- Shirsath, P. B., Jat, M. L., Mcdonald, A. J., Srivastava, A. K., Craufurd, P., Rana, D. S., Singh, A. K., Chaudhari, S. K., Sharma, P. C., Singh, R., Jat, H. S., Sidhu, H. S., Gerard, B., & Braun, H. (2020). Agricultural labor , COVID-19 , and potential

- implications for food security and air quality in the breadbasket of India. *Agricultural Systems*, 185(June), 102954. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2020.102954>
- Siche, R. (2020). What is the impact of COVID-19 disease on agriculture? *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 3–9. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.00>
- Sifat, I., Ghafoor, A., & Ah Mand, A. (2021). The COVID-19 pandemic and speculation in energy, precious metals, and agricultural futures. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 30, 100498. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2021.100498>
- Snow, V., Rodriguez, D., Dynes, R., Kaye-Blake, W., Mallawaarachchi, T., Zydenbos, S., Cong, L., Obadovic, I., Agnew, R., Amery, N., Bell, L., Benson, C., Clinton, P., Dreccer, M. F., Dunningham, A., Gleeson, M., Harrison, M., Hayward, A., Holzworth, D., ... Stevens, D. (2021). Resilience achieved via multiple compensating subsystems: The immediate impacts of COVID-19 control measures on the agri-food systems of Australia and New Zealand. *Agricultural Systems*, 187(December 2020), 103025. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2020.103025>
- The World Bank. (2019). *World Development Indicators _ DataBank*.
- Tian, S., Zhang, X., Tian, J., & Sun, Q. (2016). Random forest classification of wetland landcovers from multi-sensor data in the arid region of Xinjiang, China. *Remote Sensing*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/rs8110954>
- Tian, X., Zhou, Y., & Wang, H. (2022). The Impact of COVID-19 on Food Consumption and Dietary Quality of Rural Households in China. *Foods*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/foods11040510>
- Ulanowicz, R. E. (2001). Information theory in ecology. In *Computers and Chemistry* (Vol. 25).
- Umesha, S., & Manukumar, H. M. G. (2018). Sustainable Agriculture and Food Security. In *Biotechnology for Sustainable Agriculture*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812160-3.00003-9>
- Workie, E., Mackolil, J., Nyika, J., & Ramadas, S. (2020). Deciphering the impact of COVID-19 pandemic on food security, agriculture, and livelihoods: A review of the evidence from developing countries. *Current Research in Environmental*

Sustainability, 2, 100014. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2020.100014>

- Woźniak, E., & Tyczewska, A. (2021). Bioeconomy during the COVID-19 and perspectives for the post-pandemic world: Example from EU. *EFB Bioeconomy Journal*, 1(March), 100013. <https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2021.100013>
- Xia, M., Zhang, Y., Zhang, Z., Liu, J., Ou, W., & Zou, W. (2020). Modeling agricultural land use change in a rapid urbanizing town: Linking the decisions of government, peasant households and enterprises. *Land Use Policy*, 90(August 2019), 104266. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104266>
- Zimmerer, K. S., de Haan, S., Jones, A. D., Creed-Kanashiro, H., Tello, M., Amaya, F. P., Carrasco, M., Meza, K., Tubbeh, R. M., Nguyen, K. T., & Hultquist, C. (2020). Indigenous Smallholder Struggles in Peru: Nutrition Security, Agrobiodiversity, and Food Sovereignty amid Transforming Global Systems and Climate Change. *Journal of Latin American Geography*, 19(3), 74–111. <https://doi.org/10.1353/lag.2020.0072>
- Zurayk, R. (2020). Pandemic and Food Security: A View from the Global South. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 9(3), 1–5. <https://doi.org/10.5304/jafscd.2020.093.014>

VII. ANEXOS

ANEXO 1. Coordenadas de las fincas agrícolas rurales encuestadas

Distrito	Este	Norte
Sapillica	-80,05288769	-4,745717544
Sapillica	-80,05150901	-4,746856752
Sapillica	-80,04954316	-4,743357698
Sapillica	-80,03628974	-4,771714231
Sapillica	-80,03426096	-4,774348059
Sapillica	-80,03405883	-4,772029546
Sapillica	-80,03026676	-4,839171025
Sapillica	-80,02844959	-4,839444735
Sapillica	-80,02667172	-4,8401137
Sapillica	-80,0098734	-4,84280192
Sapillica	-80,00784656	-4,84233947
Sapillica	-79,99679998	-4,805048156
Sapillica	-79,99166594	-4,803554255
Sapillica	-79,99093527	-4,770047703
Sapillica	-79,99063795	-4,766743609
Sapillica	-79,98961269	-4,763074377
Sapillica	-79,98595426	-4,802642295
Sapillica	-79,97909737	-4,798573717
Sapillica	-79,97679343	-4,784482941
Sapillica	-79,97345498	-4,783905297
Guadalupe	-79,58680203	-7,328703384
Guadalupe	-79,58482579	-7,335237142
Guadalupe	-79,58426412	-7,325901988
Guadalupe	-79,58062027	-7,323612883
Guadalupe	-79,57376713	-7,319459565
Guadalupe	-79,56942396	-7,322402698
Guadalupe	-79,56117941	-7,322414894

Guadalupe -79,54036264 -7,319905629
Guadalupe -79,51512801 -7,318363075
Guadalupe -79,46389649 -7,27119619
Guadalupe -79,45422391 -7,264562032
Guadalupe -79,4542827 -7,313958758
Guadalupe -79,4466885 -7,271079284
Guadalupe -79,43889162 -7,309242659
Guadalupe -79,42894887 -7,318934015
Guadalupe -79,42558492 -7,283170647
Guadalupe -79,41957862 -7,314014685
Guadalupe -79,41579517 -7,293862357
Guadalupe -79,39957444 -7,321513505
Guadalupe -79,38092198 -7,320693361
Santa Rosa -78,63608219 -5,377549635
Santa Rosa -78,62772903 -5,383714814
Santa Rosa -78,62628085 -5,396718636
Santa Rosa -78,62405527 -5,407242766
Santa Rosa -78,62251752 -5,373043895
Santa Rosa -78,61836782 -5,412818872
Santa Rosa -78,61010027 -5,369104257
Santa Rosa -78,60359721 -5,365702712
Santa Rosa -78,60012588 -5,359034297
Santa Rosa -78,59784036 -5,391918968
Santa Rosa -78,59758378 -5,350906875
Santa Rosa -78,59432891 -5,388635724
Santa Rosa -78,59299847 -5,346653903
Santa Rosa -78,56415406 -5,403202394
Santa Rosa -78,55704675 -5,361579949
Santa Rosa -78,55620539 -5,380887999
Santa Rosa -78,55433749 -5,420269747

Santa Rosa	-78,55080489	-5,435771326
Santa Rosa	-78,54943317	-5,397600784
Santa Rosa	-78,54645301	-5,409039852
Lonyachico	-78,08119653	-6,188839082
Lonyachico	-78,07929268	-6,189997382
Lonyachico	-78,04113459	-6,199395815
Lonyachico	-78,03758629	-6,19702599
Lonyachico	-78,034288	-6,198691758
Lonyachico	-78,02656759	-6,191352539
Lonyachico	-78,01779836	-6,194844443
Lonyachico	-78,01072794	-6,194693431
Lonyachico	-78,00537381	-6,193958934
Lonyachico	-78,00520277	-6,197497483
Lonyachico	-78,0000121	-6,191885867
Lonyachico	-77,9860242	-6,235659439
Lonyachico	-77,98574229	-6,219598246
Lonyachico	-77,98538503	-6,207075104
Lonyachico	-77,98078315	-6,204232683
Lonyachico	-77,96642942	-6,23424036
Lonyachico	-77,96069039	-6,23312528
Lonyachico	-77,951943	-6,223708506
Lonyachico	-77,95024566	-6,227733824
Lonyachico	-77,94915365	-6,237492658
Paccho	-77,00976893	-10,97867736
Paccho	-77,00731236	-10,98048722
Paccho	-77,00573963	-10,97339473
Paccho	-77,0027846	-10,96588084
Paccho	-77,00118999	-10,97708372
Paccho	-76,98923145	-10,95872321
Jepelacio	-76,95990744	-6,201182965

Jepelacio	-76,95494934	-6,185413268
Paccho	-76,97794672	-10,95413306
Jepelacio	-76,94846171	-6,176107786
Paccho	-76,97113066	-10,99739675
Paccho	-76,96910709	-11,00075436
Paccho	-76,96630254	-10,90042142
Jepelacio	-76,94115824	-6,172426665
Paccho	-76,9645707	-10,90201098
Paccho	-76,96095474	-10,90411484
Paccho	-76,96108557	-10,92405996
Jepelacio	-76,93644973	-6,159286984
Paccho	-76,95884729	-10,92593976
Jepelacio	-76,93438743	-6,150802316
Jepelacio	-76,93031764	-6,143684798
Paccho	-76,95204934	-10,93000114
Paccho	-76,95061226	-10,92337935
Jepelacio	-76,9263274	-6,13600001
Paccho	-76,95021242	-10,92600083
Paccho	-76,94808452	-10,94545236
Jepelacio	-76,92246613	-6,125607935
Jepelacio	-76,91957041	-6,117843729
Jepelacio	-76,91922134	-6,220110464
Paccho	-76,93786223	-10,93662057
Jepelacio	-76,9117904	-6,214396175
Paccho	-76,93134342	-10,93902957
Jepelacio	-76,9020952	-6,210484022
Jepelacio	-76,89912671	-6,115165392
Jepelacio	-76,89334933	-6,137313766
Jepelacio	-76,89309538	-6,166858485
Jepelacio	-76,89304537	-6,152744614

Jepelacio	-76,8929009	-6,145688099
Jepelacio	-76,89062641	-6,17834988
Jepelacio	-76,88960987	-6,194979381
Villa Rica	-75,30825812	-10,6862202
Villa Rica	-75,30790121	-10,7614091
Villa Rica	-75,30271797	-10,69107816
Villa Rica	-75,30228268	-10,75127761
Villa Rica	-75,30090236	-10,75614061
Villa Rica	-75,29801	-10,69454
Villa Rica	-75,29593924	-10,69998141
Villa Rica	-75,29456102	-10,75253977
Villa Rica	-75,29360489	-10,70761614
Villa Rica	-75,2897792	-10,74920059
Villa Rica	-75,28535365	-10,78133277
Villa Rica	-75,28483656	-10,70973052
Villa Rica	-75,28477735	-10,74488909
Villa Rica	-75,28094196	-10,76844001
Villa Rica	-75,27607724	-10,71559409
Villa Rica	-75,2687133	-10,71877997
Villa Rica	-75,249752	-10,7130265
Villa Rica	-75,2466565	-10,70748493
Villa Rica	-75,24566397	-10,70142616
Villa Rica	-75,22244394	-10,70316046
Lucanas	-74,27592385	-14,60856859
Lucanas	-74,27437981	-14,60748736
Lucanas	-74,2707762	-14,58286166
Lucanas	-74,26987929	-14,60905209
Lucanas	-74,26670736	-14,60997505
Lucanas	-74,26089513	-14,61425041
Lucanas	-74,25701346	-14,59989769

Lucanas	-74,25688457	-14,61633078
Lucanas	-74,2568815	-14,59530449
Lucanas	-74,25574238	-14,60534755
Lucanas	-74,25383005	-14,61308893
Lucanas	-74,25107934	-14,61136063
Lucanas	-74,2420351	-14,60544695
Lucanas	-74,23762197	-14,60299267
Lucanas	-74,22578428	-14,68420251
Lucanas	-74,22441734	-14,67986238
Lucanas	-74,22197597	-14,67536914
Lucanas	-74,22217228	-14,61664813
Lucanas	-74,22056793	-14,61183476
Lucanas	-74,21875888	-14,67311581
Atico	-73,62955927	-16,17980318
Atico	-73,62926315	-16,18237194
Atico	-73,62859809	-16,18909325
Atico	-73,62849072	-16,17776367
Atico	-73,62717328	-16,19383681
Atico	-73,62550589	-16,19786138
Atico	-73,62358536	-16,20269137
Atico	-73,62276902	-16,21042592
Atico	-73,62260408	-16,21279225
Atico	-73,62238806	-16,20582221
Atico	-73,62154918	-16,21500933
Atico	-73,61987631	-16,21309259
Atico	-73,61957794	-16,2202189
Atico	-73,61914499	-16,21433131
Atico	-73,61868481	-16,21785789
Atico	-73,61853542	-16,21656561
Atico	-73,61807421	-16,22289934

Atico	-73,61742982 -16,22479623
Atico	-73,61723217 -16,22651668
Atico	-73,61686717 -16,22149522