

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**DOCTORADO EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS  
NATURALES Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE**



**“EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA AGRICULTURA  
CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE Y ROL DE LA  
AGROBIODIVERSIDAD EN LA REGIÓN NORTE DE PERÚ:  
CUENCA “CRISNEJAS””**

**Presentada por:**

**MIGUEL ANGEL AGUILAR LUIS**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR  
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN ECONOMÍA DE RECURSOS  
NATURALES Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

**Lima - Perú**

**2024**

# Tesis

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

1 %

INDICE DE SIMILITUD

1 %

FUENTES DE INTERNET

0 %

PUBLICACIONES

1 %

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1

revistas.um.es

Fuente de Internet

1 %

2

kupdf.net

Fuente de Internet

1 %

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**DOCTORADO EN ECONOMIA DE LOS RECURSOS  
NATURALES Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

**“EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA AGRICULTURA  
CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE Y ROL DE LA  
AGROBIODIVERSIDAD EN LA REGIÓN NORTE DE PERÚ:  
CUENCA “CRISNEJAS””**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR  
DOCTORIS PHILOSOPHIAE**

**Presentada por:**

**MIGUEL ANGEL AGUILAR LUIS**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Dr. Luis Alberto Jiménez Díaz  
**PRESIDENTE**

Dr. José Miguel Sánchez Uzcátegui  
**ASESOR**

Dr. Waldemar Mercado Curi  
**MIEMBRO**

Ph.D. Julio Alegre Orihuela  
**MIEMBRO**

Ph.D. Ivonne Fanny Reyes Mandujano  
**MIEMBRO EXTERNO**

## **DEDICATORIA**

*A todos mis seres queridos con mucho aprecio y cariño, en especial a SPE y LAAP.*

## **AGRADECIMIENTO**

Me gustaría expresar toda mi gratitud y mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que hicieron posible la culminación de esta tesis.

En primer lugar, me gustaría agradecer al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – CONCYTEC, a través de su unidad de becas por haberme brindado la oportunidad de estudiar y completar el programa de doctorado (PDERN y DS).

A mi asesor, el Dr. José Miguel Sánchez, por la atención con que siguió el trabajo, sus valiosos consejos, y la disponibilidad que siempre mostró a lo largo del tiempo de supervisión.

A los doctores integrantes del comité evaluador, Dra. Ivonne Reyes, Dr. Julio Alegre, Dr. Luis Jiménez y Dr. Waldemar Mercado por su orientación y apoyo. En particular al Dr. Mercado le agradezco la oportunidad de contribuir con el trabajo de investigación en la línea de biodiversidad.

Agradezco a todo el personal docente y administrativo del Programa de Doctorado en Economía de los Recursos Naturales y el Desarrollo Sustentable.

A todas aquellas personas en campo, en la cuenca crisnejas, quienes atentamente me brindaron información a través de las encuestas. Agradezco a todos los encuestadores que me ayudaron durante la recolección de datos.

Agradezco a todas las personas que han contribuido directa o indirectamente al éxito de mi trabajo de tesis.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.1.1. Objetivo general .....	6
1.1.2. Objetivos específicos .....	6
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>9</b>
2.1. AGROBIODIVERSIDAD .....	9
2.1.1. Definición de agrobiodiversidad .....	9
2.1.2. Rol de la agrobiodiversidad .....	10
2.1.3. Evidencias sobre la conexión entre sostenibilidad y agrobiodiversidad .....	14
2.1.4. Medición de la agrobiodiversidad: IDA .....	15
2.2. AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE (ACI) .....	17
2.2.1. El concepto de agricultura climáticamente inteligente .....	17
2.2.2. ¿Qué hay de nuevo con “ACI”? .....	19
2.2.3. Herramientas para evaluar el desempeño de ACI .....	20
2.3. AGRICULTURA FAMILIAR (A PEQUEÑA ESCALA) .....	23
2.3.1. Definición de agricultura familiar .....	23
2.3.2. Tecnologías y adopción de ACI en la agricultura familiar .....	27
2.4. INSTITUCIONES Y POLÍTICAS LOCALES RELACIONADOS A “ACI” EN EL PERÚ .....	30
2.5. VACÍOS EN LA LITERATURA SOBRE ECONOMÍA, ACI Y AGROBIODIVERSIDAD .....	33
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	35
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	35
3.3. POBLACIÓN, TAMAÑO DE MUESTRA Y MUESTREO .....	35
3.3.1. Ubicación geográfica .....	35
3.3.2. Caracterización socioeconómica .....	38
3.3.3. Población de estudio .....	68
3.3.4. Cálculo del tamaño muestral .....	70
3.3.5. Recolección de datos y análisis .....	73
3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS .....	74
3.4.1. Caracterización y clasificación de la agrobiodiversidad .....	74
3.4.2. Evaluación de la Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI) .....	77
3.4.3. Factores que influyen en la intensidad de adopción de la agricultura climáticamente inteligente (ACI) .....	82
3.5. LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA .....	84
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>85</b>
4.1. CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD .....	85
4.2. EVALUACIÓN DE LA AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE ..	94
4.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA INTENSIDAD DE ADOPCIÓN DE LA AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE (ACI) .....	104
4.4. PERSPECTIVAS SOBRE POLÍTICAS PÚBLICAS A PARTIR DE ESTA INVESTIGACIÓN .....	112
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>114</b>

<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>116</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>117</b>
<b>VIII. ANEXOS</b>	<b>135</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Comparación de los modelos económicos que se pueden usar en agricultura climáticamente inteligente (ACI) .....	22
Cuadro 2: Tipología de agricultura familiar según Plan Nacional de Agricultura Familiar 2019-2021 .....	26
Cuadro 3: Descripción de las opciones de agricultura climáticamente inteligente (ACI) a nivel de chacra o pequeña escala (agricultura familiar) .....	29
Cuadro 4: Distribución de la población total de la cuenca Crisnejas según la condición urbana y rural .....	39
Cuadro 5: Distribución a nivel de estratos de la población urbana en la cuenca Crisnejas según edad .....	41
Cuadro 6. Distribución de la población rural a nivel de estratos en la cuenca Crisnejas según rangos de edad .....	41
Cuadro 7: Nivel de analfabetismo a nivel de estratos según género y condición urbano-rural en la cuenca Crisnejas .....	42
Cuadro 8: Características de la inmigración de la población según estrato y condición urbano-rural en la cuenca Crisnejas .....	43
Cuadro 9: Características del abastecimiento de agua en la vivienda según estrato en las viviendas urbanas de la cuenca Crisnejas.....	43
Cuadro 10: Características del abastecimiento de agua en la vivienda según distrito en las viviendas rurales de la cuenca Crisnejas .....	44
Cuadro 11: Características del servicio higiénico en la vivienda según distrito en las viviendas urbanas de la cuenca Crisnejas.....	45
Cuadro 12: Características del servicio higiénico en la vivienda según distrito en las viviendas rurales de la cuenca Crisnejas .....	46
Cuadro 13: Características del servicio de alumbrado eléctrico en la vivienda según distrito en las viviendas de la cuenca Crisnejas.....	46
Cuadro 14: Condición de pobreza monetaria a nivel de estratos en la población de la cuenca Crisnejas .....	47
Cuadro 15: Condición de pobreza monetaria a nivel de estratos en la población urbana de la cuenca Crisnejas .....	48
Cuadro 16: Condición de pobreza monetaria a nivel de estratos en la población rural de la cuenca Crisnejas .....	48



Cuadro 17: Características agropecuarias sobre el tipo de cultivo y tipo de semilla en la cuenca Crisnejas .....	51
Cuadro 18: Grupo de cultivos principales característicos de la agricultura en la cuenca Crisnejas .....	53
Cuadro 19 : Destino principal de grupos de cultivos en la cuenca Crisnejas.....	54
Cuadro 20: Distribución de superficie sembrada en los grupos de cultivos según condiciones de riego y secano .....	55
Cuadro 21: Destino de los cultivos principales característicos de la agricultura familiar en la cuenca Crisnejas en el año 2012.....	57
Cuadro 22: Clasificación de grupos de variedades de los cultivos más importantes en la cuenca Crisnejas por zonas.....	59
Cuadro 23: Resumen de cosechas de las campañas agrícolas entre 2012 y 2019 .....	60
Cuadro 24: Indicadores económicos de la producción agrícola de los principales cultivos en la cuenca Crisnejas entre las campañas de 2012 al 2019 .....	61
Cuadro 25: Prácticas agrícolas utilizadas por las UA en la cuenca Crisnejas.....	63
Cuadro 26: Recursos hídricos para uso productivo agrario en derechos de uso de agua en la cuenca Crisnejas .....	68
Cuadro 27: Distribución de unidades agropecuarias (UA) de pequeños agricultores en la cuenca “Crisnejas”. .....	69
Cuadro 28: Distribución del número de encuestas estratificado por características ecológicas climáticas y distritos de la cuenca "Crisnejas" .....	72
Cuadro 29: Clasificación de grupos de especies se acuerdo con sus funciones para la estimación del índice IDA.....	76
Cuadro 30: Descripción de variables dependientes utilizadas en este estudio: opciones de Agricultura Climáticamente inteligente .....	80
Cuadro 31: Descripción de variables explicativas utilizadas en el estudio .....	82
Cuadro 32: Estadísticas descriptivas del Índice de Agrobiodiversidad (IDA) en los distritos encuestados de la cuenca Crisnejas .....	90
Cuadro 33: Correlaciones binarias entre el índice de agrobiodiversidad (IDA) y el ingreso mensual de las UA en la cuenca Crisnejas. ....	93
Cuadro 34: Opciones de ACI adoptadas por las unidades agropecuarias en la cuenca Crisnejas .....	95

Cuadro 35: Opciones de ACI preferidas por las UA de acuerdo con la zona de la cuenca Crisnejas .....	96
Cuadro 36: Coeficientes estimados del modelo probit multivariado (AMP).....	99
Cuadro 37: Resumen de los determinantes clave para la adopción de ACI en la cuenca Crisnejas .....	101
Cuadro 38: Intensidad de la adopción de opciones de ACI .....	104
Cuadro 39: Estimaciones del modelo probit ordenado .....	105
Cuadro 40: Efectos marginales estimados de las variables independientes sobre cada resultado de la variable dependiente .....	107
Cuadro 41: Resumen de los determinantes clave para la intensidad de adopción de ACI en las zonas de la cuenca Crisnejas.....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa del ámbito político administrativo de la cuenca “Crisnejas” en el norte de Perú.....	36
Figura 2: Perfil longitudinal a lo largo del río Crisnejas en la cuenca Crisnejas .....	37
Figura 3: Perfil del cauce del río Condebamba en la cuenca Crisnejas. ....	38
Figura 4: Datos de caudal promedio histórico ( $m^3/s$ ) de las estaciones hidrométricas en la cuenca Crisnejas.....	64
Figura 5: Registro de precipitaciones anuales de las estaciones meteorológicas de la cuenca Crisnejas entre el periodo 1960 y 2018. línea de color verde representa la tendencia lineal de los datos.....	65
Figura 6: Índice de precipitaciones mensual histórico (1960-2018) en las 3 zonas de la cuenca Crisnejas. Zona media (<2500 msnm), zona media (2500-3000 msnm) y zona alta (3000-3500msnm).....	66
Figura 7: Distribución mensual de la precipitación promedio en las zonas de la cuenca Crisnejas en el periodo 1960-2018. Zona media (<2500 msnm), zona media (2500-3000 msnm) y zona alta (3000-3500msnm).....	67
Figura 8: Representación gráfica de la media del índice de agrobiodiversidad (IDA) y sus componentes grupo específicos (IFER, IFE, IAVA e ICOM) medido en unidades agropecuarias (UA) familiares de la cuenca Crisnejas. La barra de error representa el rango del valor máximo y mínimo en cada caso .....	88
Figura 9: Distribución del índice de agrobiodiversidad (IDA) medido en las unidades agropecuarias (UA) familiares en la cuenca Crisnejas.....	89
Figura 10: Distribución por zonas de la cuenca Crisnejas del índice de agrobiodiversidad (IDA) medido en las unidades agropecuarias (UA) familiares en la cuenca Crisnejas. Prueba de ANOVA / Kruskal-Wallis para comprar grupos, p-value < 0.05 es estadísticamente significativo.....	89
Figura 11: Representación gráfica de la correlación binaria entre IDA y el ingreso mensual de las UA en la cuenca Crisnejas .....	91
Figura 12: Representación gráfica de ingreso total (eje Y) y tasa de crecimiento anual promedio (eje X) de la producción de los principales cultivos en la cuenca Crisnejas entre las campañas 2012 al 2019. Ingreso total representa los ingresos brutos, no se han evaluado ingresos netos .....	94

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Información de la encuesta.....	135
Anexo 2: Matriz para el cálculo de subíndices específicos y el IDA para una unidad agropecuaria (UA).....	140
Anexo 3: Matriz de consistencia .....	141
Anexo 4: Inventarios de agrobiodiversidad de las unidades agropecuarias encuestadas en la cuenca Crisnejas.....	142

## RESUMEN

La pérdida de biodiversidad y el cambio climático representan una amenaza para la producción agrícola y la seguridad alimentaria global. En Perú, la agricultura familiar (97 por ciento de unidades agropecuarias-UA) enfrenta desafíos para producir alimentos de manera sostenible. La adopción de prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (ACI) y conservación de la agrobiodiversidad son importantes para sostener la agricultura peruana frente al cambio climático. El objetivo de estudio fue caracterizar y clasificar la agrobiodiversidad de UA familiares en la cuenca Crisnejas (Cajamarca y La Libertad) y evaluar los factores económicos que afectan las decisiones de los agricultores de aplicar múltiples opciones de ACI. Se encuestaron 340 UA familiares utilizando un marco de análisis que combina modelos probit multivariados y ordenados para analizar las decisiones de adopción de ACI. Los resultados indican que las UA con menor agrobiodiversidad tienen un mayor ingreso mensual. Los resultados econométricos confirman que los impulsores de las decisiones de los agricultores de adoptar, así como de intensificar su uso, de las prácticas de ACI son la altitud, la tenencia de la chacra, la edad, la superficie cultivada, el nivel de agrobiodiversidad y el acceso a agua para riego. Un número mayor de miembros del hogar, mejor nivel educativo y mayor distancia al mercado local aumenta la probabilidad de intensificar el uso de prácticas de ACI en la cuenca baja, media y alta, respectivamente. Otros elementos asociados a la intensidad de uso de ACI son la mayor distancia a las chacras, superficie cultivada y almacenamiento de semillas. Los resultados indican la necesidad incrementar la agrobiodiversidad para lograr un sistema funcional y equilibrado, desde el punto de vista económico, ecológico y sociocultural y de diseñar cuidadosamente paquetes de estrategias de adaptación/mitigación para abordar los efectos del cambio climático en la agricultura del Perú.

Palabras clave: cuenca Crisnejas, agrobiodiversidad, agricultura climáticamente inteligente (ACI), agricultura familiar, cambio climático

## **ABSTRACT**

The loss of biodiversity and the effects of climate change threaten agricultural production and global food security. Family agriculture (97 percent of agricultural units-AU) in Peru is facing challenges in producing food sustainably. The adoption of climate-smart agricultural practices (CSA) and the conservation of agrobiodiversity are essential for the sustainability of Peruvian agriculture in the face of climate change. It was the objective of the study to characterize and classify agrobiodiversity of family AUs in the Crisnejas basin (Cajamarca and La Libertad) and evaluate economic factors that influence farmers' decision to apply multiple ACI options. To analyze ACI adoption decisions, 340 family AUs were surveyed using a multivariate and ordered probit analysis framework. The results indicate that AUs with lower agrobiodiversity earn more per month than AUs with higher agrobiodiversity. According to the econometric results, the factors driving farmers' decisions to adopt and intensify the use of ACI practices are altitude, tenure, age, cultivated area, agrobiodiversity level, and water availability. Higher levels of educational attainment, a larger number of household members, and a greater distance to local markets are associated with an increase in ACI practices in the lower, middle, and upper basins, respectively. The distance to farms, cultivated area, and seed storage are also factors associated with the intensity of ACI use. The results indicate that increasing agrobiodiversity is critical for the achievement of a functional and balanced system, from an economic, ecological, and sociocultural point of view, and that addressing the effects of climate change on Peruvian agriculture requires carefully designed adaptation/mitigation strategies.

**Keywords:** Crisnejas basin, agrobiodiversity, climate-smart agriculture (CSA), family farming, climate change

## I. INTRODUCCIÓN

La degradación de los recursos naturales es una realidad en diversas partes del mundo, siendo algunos de los factores: la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad (Warren et al. 2013, Adams et al. 2004). Una parte importante de la biodiversidad es la agrobiodiversidad, que incluye los componentes para la alimentación y la agricultura, así como los componentes de la diversidad biológica que constituyen el agroecosistema (Frison et al. 2011). Actualmente, más del 90 por ciento de las variedades de cultivos han desaparecido de los campos en los últimos 100 años (CIP-UPWARD 2003) y 690 razas de ganado se han extinguido (FAO 2007). De las más de 7 000 especies de plantas y varios miles de especies animales, actualmente 15 tipos de cultivos y ocho de animales domésticos representan el 90 por ciento de los requerimientos calóricos de la alimentación mundial (Imran et al. 2018). La agrobiodiversidad, ubicada en el corazón de los sistemas agrícolas y de los hábitats naturales, está desapareciendo a un ritmo sin precedentes (Komarnytsky et al. 2021, Khoury et al. 2022).

Según Tubiello et al. (2014) el futuro de la alimentación y la agricultura deberá ser capaz alimentar a la humanidad de forma sostenible y efectiva al 2050, donde la producción tendrá que aumentar al doble. Sin embargo, a medida que crece la demanda mundial de alimentos, también aumenta la participación de la agricultura en la emisión total de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Lipper et al. 2018). La agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra producen una cuarta parte de las emisiones de GEI de origen humano (FAO 2019). Actualmente, la agricultura es responsable de un total 5 000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq/año entre 2001-2017 (FAO 2016, 2019). Un tercio de los suelos del mundo está degradado, por lo que se libera 78 giga toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y esto genera un costo económico global de aproximadamente el 10 por ciento del PIB por la pérdida de biodiversidad y los servicios ecosistémicos (FAO 2019).

Con respecto al Perú, el porcentaje de participación mundial es del 0.44 por ciento sobre el total de emisiones de GEI en los diferentes sectores, ocupando el puesto 129 de 184 países (FAO 2020). Las emisiones de GEI dependen entre otras variables de la población local, por ello es conveniente evaluar el comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> en tonelada por habitante al año (se cuenta con datos desde 1970)(Chirinos 2021). Respecto a las emisiones per cápita se tiene que, registra un incremento del 78 por ciento entre 1990 y 2019 al pasar de 0.96 TM a 1.71 TM, los niveles de 2019 reflejan una reducción del 3 por ciento respecto al nivel máximo que se alcanzó en 2016 (1,77 TM) (Chirinos 2021, Banco Mundial 2023).

Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero con año base 2016 (INGEI 2016) el total de emisiones de GEI fueron 205 294 gGiga gramos de dióxido de carbono equivalente (Gg CO<sub>2</sub>eq) (Ministerio del Ambiente et al. 2021). Según este informe, la principal fuente de emisiones a nivel nacional proviene del sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (ASOUT) , con 134 901 GgCO<sub>2</sub>eq, cantidad de emisiones que representan el 45 por ciento del inventario nacional INGEI 2016. Dentro de este sector, la principal fuente de emisión es la subcategoría tierras de cultivo con 51 450 GgCO<sub>2</sub>eq (MINAM 2019, Ministerio del Ambiente et al. 2021).

Con respecto al Perú, el porcentaje de participación mundial es del 0.44 % sobre el total de emisiones de GEI en los diferentes sectores, ocupando el puesto 129 de 184 países (FAO 2020). Las emisiones de GEI dependen entre otras variables de la población local, por ello es conveniente evaluar el comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> en tonelada por habitante al año (se cuenta con datos desde 1970)(Chirinos 2021). Respecto a las emisiones per cápita se tiene que, registra un incremento del 78 por ciento entre 1990 y 2019 al pasar de 0.96 a 1.71 TM, los niveles de 2019 reflejan una reducción del 3 por ciento respecto al nivel máximo que se alcanzó en 2016 (1,77 TM) (Chirinos 2021, Banco Mundial 2023).

Según la FAO (2019), los efectos del cambio climático global podrían llevar a más de 122 millones de personas, principalmente agricultores, a la pobreza extrema para el 2030. La agricultura recibe el 26 por ciento del impacto económico de los desastres climáticos, cifra porcentual que puede llegar al 83 por ciento de impacto en países en desarrollo (FAO 2019).

En este contexto, la Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI) puede transformar y reorientar el desarrollo de la agricultura bajo las nuevas realidades del cambio climático (FAO 2010). ACI es un enfoque concebido para abordar a largo plazo simultáneamente dos problemas globales antes descritos, el cambio climático y la seguridad alimentaria, a través de tres pilares: conseguir un incremento sostenible de la producción agrícola adaptándose a las nuevas realidades de los patrones meteorológicos y al mismo tiempo mitigar los gases de efecto invernadero (Amadu et al. 2020). Según la FAO (2021) existen cinco puntos de acción como una metodología para implementar el enfoque de ACI a escala nacional: 1) expandir la base de evidencia para ACI, 2) apoyar marcos de políticas favorables, 3) fortalecer instituciones nacionales y locales, 4) mejorar el financiamiento y las opciones de financiamiento, y 5) implementar prácticas de ACI a nivel de campo. Las intervenciones de ACI se han implementado con éxito en todo el mundo, en diferentes realidades locales a



nivel nacional y al interior (Everest 2021, Duc Truong et al. 2022, Memarbashi et al. 2022, Edewor et al. 2023, Westermann et al. 2018, Mathews et al. 2018, Kpadonou et al. 2017).

Aplicar ACI incluye adoptar prácticas sostenibles como el manejo eficiente del suelo, diversificación de cultivos, cultivos intercalados, rotaciones, cultivos de cobertura, agroforestería, control biológico de plagas y enfermedades, interacciones planta-animal y el uso de la agrobiodiversidad (Lipper et al. 2018, Imran et al. 2018). La agrobiodiversidad y el cómo es administrada por los agricultores es un elemento importante en el enfoque de ACI, ya que dentro del agroecosistema permite satisfacer las necesidades alimenticias humanas y otras funciones propias del equilibrio natural del planeta (Lipper et al. 2014, Leyva y Lores 2018, Asseffa 2016). Teklewold et al. (2019) descubrieron que la adopción de ACI aumenta la diversidad de la dieta y mejora la disponibilidad de calorías y proteínas. Por ello, este estudio aborda es la relación de adopción de ACI y la agrobiodiversidad en pequeños agricultores. Por lo tanto, esta tesis se centra en evidenciar el efecto de variables económicas en un contexto local sobre las opciones de ACI y la agrobiodiversidad para reducir las brechas de investigación al respecto. Esto significa que existe una relación teórica entre la agrobiodiversidad y la ACI que debe ser estudiada.

El sector agropecuario a nivel nacional representa el 5.6 por ciento del Producto Nacional Bruto (PNB) (Asencios et al. 2020). La producción agropecuaria involucra 2.3 millones de unidades agropecuarias (UA) y aproximadamente 10 millones de personas, un tercio de la población se dedica al agro siendo el segundo sector de mayor absorción de mano de obra después del sector servicios (63 por ciento de productores agrarios en la sierra, 20 por ciento en selva y 17 por ciento en costa) (CENAGRO 2012). El promedio nacional del tamaño de tierras productivas es de 4.8 hectáreas/UA (CENAGRO 2012, INEI 2018). La agricultura familiar representa el 97 por ciento del total de los 2.3 millones de unidades agropecuarias (UA) de todo el Perú; y, en algunos departamentos del país, esta tasa asciende a casi el 100 por ciento. Estos datos en el CENAGRO (2012) muestran que la agricultura a nivel nacional está principalmente compuesta por pequeña agricultura o agricultura familiar, lo cual requiere atención para aumentar su productividad e ingresos, y reducir el hambre y la pobreza.

Los pequeños agricultores se enfrentan a una serie de desafíos para producir alimentos de manera sostenible (Asfaw et al. 2015, Miller et al. 2017, Fernández et al. 2017). La falta de insumos, el bajo acceso al mercado, los brotes frecuentes de plagas y enfermedades, y otros riesgos de producción y de mercado, ya son desafíos para los pequeños agricultores (Pintado

2016). El cambio climático y la variabilidad observados suponen también un problema para la agricultura en el país (MINAGRI et al. 2012). Aunque el cambio climático afecta tanto a los agricultores grandes como a los pequeños (agricultura familiar), Branca et al. (2011) argumentan que afecta a los pequeños agricultores desproporcionadamente, debido a su baja capacidad de adaptación y a su mayor vulnerabilidad.

La cuenca “Crisnejas”, lugar donde se desarrolla este estudio es un escenario particularmente vulnerable al cambio climático. Abarca un área total de 4 928 km<sup>2</sup> y está ubicada en los departamentos de Cajamarca y La Libertad. El contexto situacional de la cuenca “Crisnejas” la ubica como la cuenca del país con los índices más altos de pobreza con un promedio de 64.1 por ciento, gran parte de la población urbana y rural no cuentan con servicios de agua (46.4 por ciento), desagüe (74.5 por ciento) y alumbrado (62.7), y las actividades productivas principales son la agricultura, ganadería, caza y silvicultura (15.4 por ciento PIB de la cuenca) y extracción de petróleo gas y minerales (30.5 por ciento PIB de la cuenca) (ANA; MINAM 2016). La agricultura pequeña o familiar domina el paisaje agrario en la cuenca, caracterizado por el un 96 por ciento de los agricultores pequeños y tamaños de predios entre 0.5 - 4.9 ha (45.8 por ciento de la superficie agrícola total); además, se cultiva para venta (35.8 por ciento), autoconsumo (33.6 por ciento) y alimento para animales (30.2 por ciento) (CENAGRO 2012, INEI 2018).

Es importante resaltar que, así como en la cuenca “Crisnejas”, en todo el Perú el cambio climático puede conducir a una mayor inestabilidad en la producción de alimentos y amenazar la seguridad alimentaria de más de 2.2 millones de pequeños agricultores (CENAGRO 2012). La capacidad presente y futura de la agricultura familiar para alimentar a una población en crecimiento y hacer frente al cambio climático depende de su agrobiodiversidad (Bedeke et al. 2019). Si los ecosistemas vinculados se gestionan de forma sostenible, por ejemplo, mediante un enfoque de ACI, se estará contribuyendo a la conservación de la agrobiodiversidad, la que es necesaria para la seguridad alimentaria, salvaguardar la amplia diversidad animal y vegetal y de asegurar la sostenibilidad medioambiental (Teklewold et al. 2019). Altieri y Nicholls (2017) afirman que la razón principal y más importante que promueven la agrobiodiversidad es generar crecimiento económico, y conservarla genera una oportunidad para reducir el riesgo de pérdidas económicas debido a los efectos de los cambios climáticos y efectos de mercado (Ashraf *et al.* 2016).

Es en este marco situacional que la agricultura familiar es vulnerable a sufrir las consecuencias frente al cambio climático (Fernández et al. 2017). La respuesta frente a la vulnerabilidad será proteger y asegurar su agrobiodiversidad, la cual tiene el rol no solo de suplir con los alimentos para humanos y animales en los mercados (consumo propio e intercambios locales), sino que también cumple funciones propias del equilibrio del agroecosistema (Leyva y Lores 2018). Si es que los pequeños agricultores del Perú migran hacia una Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI) pueden incrementar la resiliencia de la agricultura al cambio climático a través de una mejor adaptación y reducir de la contribución al calentamiento global. Si los ecosistemas vinculados a la agricultura se gestionan de forma sostenible mediante ACI, se estará contribuyendo en la conservación de la agrobiodiversidad, la que es necesaria para la seguridad alimentaria, salvaguardar la amplia diversidad animal y vegetal y de asegurar la sostenibilidad medioambiental.

Si bien varios estudios han explorado el potencial de las opciones climáticamente inteligentes para mejorar la productividad de los cultivos en campos experimentales, hay información limitada sobre sus impactos en las condiciones reales de los pequeños agricultores (Kpadonou et al. 2017, Wekesah et al. 2019, Arslan et al. 2015). Además, los pequeños agricultores pueden implementar una variedad de tecnologías de ACI para minimizar los efectos adversos del cambio climático y la variabilidad, pero sus decisiones de adopción dependen en gran medida de variables económicas (Aryal et al. 2018).

En este estudio, se limita la evaluación sobre ACI aplicado en la agricultura y manejo de tierra de los pequeños agricultores en la cuenca “Crisnejas” y las condiciones económicas que influyen su adopción. Por otro lado, se caracteriza y clasifica la agrobiodiversidad de las unidades agropecuarias, y estudiamos la relación que existe entre ACI y la agrobiodiversidad en la cuenca “Crisnejas”. No se estudian aspectos de ACI relacionados a pre y post producción (reserva de alimentos y desechos) y gobernanza (servicios financieros, gestión del conocimiento). Tampoco se evalúa la mitigación de algún componente de ACI como un efecto a largo plazo. Finalmente, los resultados de esta tesis proporcionan información valiosa a los formuladores de políticas en las organizaciones del gobierno que trabajan en el diseño de estrategias para mejorar el uso de la agrobiodiversidad por parte de agricultores, adaptación al cambio climático en la agricultura y la seguridad alimentaria.

## **1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar económicamente la agricultura climática inteligente (ACI) y la agrobiodiversidad de la agricultura familiar en la cuenca “Crisnejas”, localizada en los departamentos de Cajamarca y La Libertad, con la finalidad de contribuir al fortalecimiento de políticas públicas.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- a. Caracterizar y clasificar la agrobiodiversidad de la agricultura familiar en la cuenca “Crisnejas”
- b. Evaluar la influencia de las condiciones económicas y la agrobiodiversidad sobre adopción de la agricultura climáticamente inteligente (ACI) de la agricultura familiar en la cuenca “Crisnejas”
- c. Analizar el aporte de las condiciones económicas y la agrobiodiversidad sobre intensidad de adopción de la agricultura climáticamente inteligente (ACI) en la agricultura familiar en la cuenca “Crisnejas”

## **1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El punto de partida en esta investigación fue la necesidad de evaluar la importancia de la agrobiodiversidad y la agricultura climáticamente inteligente (ACI) en regiones vulnerables a los efectos del cambio climático de Perú para que, en base a esta evidencia científica, se pueda fortalecer las políticas de gestión pública. Tal como se describió en los párrafos anteriores la capacidad presente y futura de la agricultura familiar para alimentar a una población en crecimiento y reforzar su adaptación y mitigación de los efectos de cambio climático depende de su agrobiodiversidad (MINAM 2019). ACI es un enfoque emergente para mejorar la producción de alimentos, la biodiversidad, la calidad ambiental, la resiliencia de los agroecosistemas, los medios de vida y el desarrollo económico al tiempo que aborda los impactos del cambio climático.

Los agroecosistemas tradicionales están recibiendo una atención creciente como alternativas sostenibles a la agricultura industrial. Están recibiendo cada vez más consideración para la conservación de la biodiversidad y la producción sostenible de alimentos en el clima cambiante. Por ejemplo, la agrosilvicultura, los cultivos intercalados, la rotación de cultivos, los cultivos de cobertura, el compostaje orgánico tradicional y la cría integrada de cultivos

y animales son prácticas agrícolas tradicionales destacadas que se utilizan principalmente a nivel familiar. Estas prácticas tradicionales se defienden como prácticas modelo para un enfoque climáticamente inteligente en la agricultura.

Esta propuesta destaca la importancia de las evaluaciones económicas del aporte de la agrobiodiversidad al enfoque de agricultura climáticamente inteligente a escalas subnacionales, como complemento a las evaluaciones con indicadores globales y nacionales que es lo más publicado esta área del conocimiento. Vale decir, que este estudio se realiza en una región geográfica delimitada del norte del Perú (departamentos de La Libertad y Cajamarca).

Actualmente a pesar de la diversidad de productos naturales, los recursos genéticos utilizados para la alimentación tienden a debilitarse (Jat et al. 2016). La disponibilidad de energía alimentaria se puede satisfacer sin diversidad, pero el suministro de micronutrientes solo se puede satisfacer en presencia de biodiversidad (Ramankutty et al. 2018). La diversidad asociada a la agricultura disminuye debido al incremento de la población humana, la explotación de las tierras, el pastoreo excesivo, la deforestación, el enfoque de los agricultores en las especies de cultivos y animales; eso es más que una diversificación en la especialización, que conduce a un monocultivo, pérdida de cultivos de alto valor nutricional, pérdida de cultivos altamente resistentes a enfermedades, contaminación ambiental, minimización de la diversificación de ingresos, que generalmente afectan el sustento de la comunidad a través de la degradación ambiental (Lipper et al. 2018).

Se presentan tres razones para tener que abordar directamente el papel de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura: primero, debido a la naturaleza integrada de la contribución; segundo, porque implica pensar en la agricultura de una manera diferente, una que reúne los elementos muy positivos de los diversos enfoques, tales como la intensificación sostenible, la multifuncionalidad y la importancia de marcos políticos y económicos apropiados; y tercero, debido a la necesidad de tener en cuenta las realidades de las unidades agropecuarias (UA) y las comunidades que mantienen la agrobiodiversidad que se utilizará (Mathews et al. 2018).

Es importante mejorar el uso de la agrobiodiversidad, y apoyar sistemas de producción agrícola más resistentes y sostenibles, que refuercen la nutrición y mejoren los medios de vida de la población. El resultado de esta tesis contribuirá con el fortalecimiento de las políticas públicas para la gestión de la agricultura en el Perú. Además, los resultados pueden

ser utilizados para proporcionar una referencia para comprender mejor la importancia del enfoque de ACI y la agrobiodiversidad. Este estudio ayudará a informar a los responsables políticos sobre la respuesta al cambio climático de los sistemas vinculados a la agricultura en el país. Como se señaló anteriormente, la adopción de ACI está vinculada a las políticas gubernamentales. Por ello, el grado en que los responsables de la formulación de políticas consideran los diversos factores y pueden abordarlos al formular políticas y programas influirá de manera crítica en la adopción de opciones de ACI.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. AGROBIODIVERSIDAD

#### 2.1.1. Definición de agrobiodiversidad

En 1996, cuatro años después del establecimiento del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), la biodiversidad relacionada a la agricultura o agrobiodiversidad fue tratada en Buenos Aires, en la 3ª Conferencia de las Partes (COP 1996). Luego, la definición de agrobiodiversidad fue establecido por la FAO (FAO 1998) como sigue:

La agrobiodiversidad representa la variedad y variabilidad de animales, plantas y microorganismos que se usan directa o indirectamente para la alimentación y la agricultura, incluyendo cultivos, ganadería, bosques y pesca. Incluye la diversidad de recursos genéticos (variedades, razas de animales) y especies utilizadas para alimentos, forraje, fibra, combustible y productos farmacéuticos. También incluye la diversidad de especies no cosechadas que apoyan la producción (microorganismos del suelo, depredadores y polinizadores) y las que se encuentran en un entorno más amplio que respalda los ecosistemas y participar en su diversidad (FAO 1998:5).

Según Asseffa (2016), la agrobiodiversidad es el resultado de procesos de selección natural y la selección cuidadosa de los agricultores; toda la gama de cultivos domésticos utilizados en la agricultura mundial se deriva de especies silvestres que se han modificado mediante la domesticación, la cría selectiva y la hibridación a lo largo de los años. La mayoría de los centros mundiales de diversidad restantes contienen poblaciones de variedades locales variables y adaptables, así como parientes silvestres y de malas hierbas de los cultivos, todos los cuales proporcionan valiosos recursos genéticos para la mejora de los cultivos (Rojas-Downing et al. 2017). Según Vandermeer et al. (2010), la agrobiodiversidad está asociada con los cultivos y el ganado incluida intencionalmente en el agroecosistema por el agricultor, y que variará dependiendo de los insumos de gestión y los arreglos espaciales / temporales de los cultivos y también incluye toda la flora del suelo y fauna, herbívoros, carnívoros, descomponedores, etc., que colonizan el agroecosistema de los entornos circundantes y que prosperarán en el agroecosistema dependiendo de su manejo y estructura. Esta definición es la base sobre la que se realizó este estudio, la agrobiodiversidad vista desde varios componentes: agrobiodiversidad para alimentación humana, alimentación animal,

conservación del suelo y complementaria, considerando que la esfera económica y acceso al mercado (Leyva y Lores 2018, Leyva Galán y Lores Pérez 2012, Jat et al. 2016). Una limitación de este concepto es que no se considera la importancia de la diversidad de especies no cosechadas que apoyan la producción (depredadores y polinizadores) que también participan en la agrobiodiversidad (Vandermeer et al. 2010).

### **2.1.2. Rol de la agrobiodiversidad**

El manejo de agrobiodiversidad desde una perspectiva de la agroecología tiene como premisa aumentar la diversidad de ambientes balanceados, rendimientos sustentables, una fertilidad del suelo biológicamente obtenida y una regulación natural de las plagas (Major 2016). También se explora la importancia de la agrobiodiversidad desde el punto de vista económico y nutricional.

#### **a. Aumentar la diversidad de la zona**

En los agroecosistemas, los polinizadores, los enemigos naturales, las lombrices de tierra y los microorganismos del suelo son componentes clave de la biodiversidad que desempeñan importantes funciones ecológicas, interviniendo en procesos como el control natural, el ciclo de nutrientes, descomposición y otros procesos (Abdu-Raheem y Worth 2013). La abundancia de biodiversidad en la agricultura diferirá entre los agroecosistemas que difieren en edad, diversidad, estructura y gestión. De hecho, existe una gran variabilidad en los patrones ecológicos y agronómicos básicos entre los diversos agroecosistemas dominantes (Jat et al. 2016). Desde este enfoque está claro que los agroecosistemas que son más diversos aprovechan al máximo el trabajo realizado por procesos ecológicos asociados con una mayor biodiversidad que los altamente simplificados e impulsados por los insumos, por ejemplo, sistemas alterados; es decir, cultivos en hileras modernos y monocultivos de hortalizas y huertos frutales (Ramankutty et al. 2018).

#### **b. Manejo de plagas**

En ninguna parte las consecuencias de la reducción de la biodiversidad son más evidentes que en el ámbito del manejo de plagas. La inestabilidad de los agroecosistemas se manifiesta a medida que el empeoramiento de la mayoría de los problemas de plagas de insectos está cada vez más relacionado con la expansión de los monocultivos a expensas de la vegetación natural (Frison et al. 2011). Las comunidades de plantas que se modifican para satisfacer las



necesidades especiales de los humanos están sujetas a graves daños por plagas y, en general, cuanto más intensamente se modifiquen, más abundantes y graves serán las plagas (Regmi et al. 2016). El efecto de la reducción de la diversidad vegetal en los brotes de plagas de herbívoros y patógenos microbianos también está bien documentado en la literatura (M’Kaibi et al. 2015, Rojas-Downing et al. 2017). Se puede entender que la reducción drástica en la biodiversidad de las plantas y los efectos epidémicos resultantes pueden afectar negativamente la función del ecosistema con más consecuencias en la productividad y sostenibilidad. Por otro lado, en los ecosistemas modernos, la evidencia experimental sugiere que la biodiversidad puede usarse para mejorar el manejo de plagas (FAO 2016). Por ejemplo, en un estudio que examinó los tipos de insectos y otros invertebrados en los sistemas de monocultivo en comparación a los de varios cultivos, se observó que la combinación de cultivos albergaba un menor número de plagas (23 por ciento) y una mayor abundancia de enemigos naturales (44 por ciento), lo que derivó en un incremento del 54 por ciento en la depredación de plagas (M’Kaibi et al. 2015, Major 2016).

También es importante mencionar que se ha demostrado que es posible estabilizar las comunidades de insectos de los agroecosistemas diseñando y construyendo arquitecturas de vegetación que soporten poblaciones de enemigos naturales o que tengan efectos disuasivos directos sobre los herbívoros de plagas (Mathews et al. 2018).

### **c. Valor económico**

Una cuestión importante asociada al aspecto económico es el papel que cumple la agrobiodiversidad para aumentar la productividad, la seguridad alimentaria y los retornos económicos (Leyva Galán y Lores Pérez 2012), y diversificar productos y oportunidades de ingresos económicos (Altieri y Nicholls 2017). Altieri y Nicholls (2017) afirman que la razón principal y más importante que promueven la agrobiodiversidad es generar crecimiento económico. Según Ashraf et al. (2016) mantener la agrobiodiversidad puede generar una oportunidad para conservar los suelos y reducir el riesgo de pérdidas económicas debido a cambios climáticos y de mercado. Esto tiene un sustento científico porque si hay una fuerte presión demográfica en una región, pero poca agrobiodiversidad, el cultivo de bienes tradicionales de baja rentabilidad aumentará y la frontera se expandirá, impulsando la deforestación y la erosión del suelo (Leyva y Lores 2018). Por lo tanto, el mantenimiento de la agrobiodiversidad puede detener la degradación ambiental al permitir múltiples productos económicamente viables y más productivos.

Hoy en día, mantener y expandir la diversidad vinculada a la agricultura tiene importancia, precisamente porque predomina el monocultivo (Frison et al. 2011, Griscom et al. 2017). Según Rojas-Downing et al. (2017) la agrobiodiversidad debe ser protegida y promovida, especialmente la agricultura campesina, ya que se ha vuelto menos competitiva, empobreciendo a las familias de pequeños agricultores. Para Jat et al. (2016), en los hogares de pequeña agricultura la agrobiodiversidad es el antídoto contra los riesgos naturales o de mercado. Según estos autores esto es posible al disminuir la exposición a posibles aumentos de precios, cambios en la demanda y una tecnología que cambia rápidamente hoy en día. Podemos entender que, si hay algún cambio en el mercado, en los sistemas con mayor agrobiodiversidad solo algunos valores se verán afectados y disminuirán su valor, mientras que otros prosperarán, por lo que las inversiones no se verán tan drásticamente afectadas.

#### **d. Importancia nutricional**

La agrobiodiversidad ayuda a hacer frente a la desnutrición y mitigar los efectos adversos de los cambios en los hábitos alimenticios (Westermann et al. 2018). Al permitir una ingesta suficiente de micronutrientes y macronutrientes, la agrobiodiversidad alimentaria es fundamental para garantizar la seguridad nutricional (Mango et al. 2018). Una revisión de la literatura (34 estudios) resume los datos actuales sobre la contribución de la biodiversidad vegetal y animal a la nutrición humana en términos de consumo de energía y consumo total de micronutrientes y argumentan que los requerimientos de nutrientes solamente se pueden satisfacer en presencia de agrobiodiversidad (Enahoro et al. 2018).

Además, cuando hablamos de diversidad asociada a la nutrición, mencionamos los diferentes grupos de macronutrientes (proteínas, lípidos de carbohidratos) o la diversidad dentro de cada uno de estos grupos. Pero rara vez se menciona la diversidad intraespecífica, en otras palabras, la diversidad genética de especies cultivadas (agrícolas) y especies altas (animales) (Mango et al. 2018). Con esto nos referimos al contenido de nutrientes en los llamados "alimentos huecos". En los Estados Unidos y el Reino Unido, la investigación sobre la densidad promedio de vegetales en calcio (Ca), cobre (Cu) y hierro (Fe), y frutas en cobre (Cu), hierro (Fe) y el potasio (K) mostraron una disminución muy marcada desde la década de 1930 (Westermann et al. 2018). Una de las causas sería un mayor uso de métodos de producción intensiva con un uso excesivo de insumos que aumentaría la tasa de crecimiento de las plantas y reduciría el tiempo requerido para el desarrollo de micronutrientes (Westermann et al. 2018, Altieri y Nicholls 2012). También podrían estar involucrados los

tratamientos de conservación realizados y el alargamiento de los tiempos de transporte (Mango et al. 2018). Por ejemplo, algunas frutas, recogidas demasiado pronto, no se beneficiarían de la luz solar suficiente para permitir la producción de ciertos nutrientes, como las antocianinas o los polifenoles (Mango et al. 2018). Por esta razón la disponibilidad de energía alimentaria se puede satisfacer sin diversidad, pero el suministro de micronutrientes solo se puede satisfacer en presencia de agrobiodiversidad.

#### **e. Evita la degradación de los suelos**

Todas las formas de degradación conducen a una disminución de la fertilidad del suelo y la productividad de la tierra (Dumanski 2015). Actualmente se reconoce que la degradación de la tierra es uno de los principales factores que contribuyen al persistente déficit de alimentos y los altos niveles de pobreza (Dumanski 2015, Bianchi et al. 2013). Por ello es importante el rol que cumple la agrobiodiversidad en el mantenimiento de la fertilidad de los suelos agrícolas.

Existe evidencia de que la biodiversidad de los cultivos puede afectar las condiciones del suelo y la biodiversidad del suelo. Al respecto Jacobsen et al. (2015) concluyen que el aumento de la diversidad de cultivos está asociado con la actividad de los escarabajos terrestres y la diversidad en tierras cultivables, y este efecto beneficioso puede ser particularmente importante en áreas de agricultura intensiva. Por otro lado, los resultados de un experimento de campo en parcelas de suelo homogéneas limitadas en nitrógeno revelaron que la sostenibilidad de los ciclos de nutrientes del suelo y, por lo tanto, de la fertilidad del suelo depende de la biodiversidad de los cultivos, lo que conduce a una mayor productividad y menores pérdidas de nutrientes en ecosistemas más diversos (Di Falco y Zoupanidou 2017).

Diferentes cultivos tienen diferentes sistemas de raíces, extrayendo agua y nutrientes de diferentes profundidades. Los nutrientes contenidos en las raíces y las partes aéreas se ponen a disposición del siguiente cultivo después de que la biomasa no cosechada se incorpora al suelo (Partey et al. 2018). Esto mejora la estructura del suelo, aumenta la actividad microbiana del suelo y disminuye la acumulación de plagas y enfermedades transmitidas por el suelo. Las legumbres juegan un papel clave ya que fijan nitrógeno, parte del cual permanece en el suelo para cultivos posteriores (Wekesah et al. 2019).

### **2.1.3. Evidencias sobre la conexión entre sostenibilidad y agrobiodiversidad**

La agrobiodiversidad es el indicador de mayor importancia para la sostenibilidad general de los agroecosistemas; refleja los cambios que ocurren a favor o en contra de la sostenibilidad, si la riqueza natural actual y futura es seguridad económica, alimentaria, producción, negociación y seguridad alimentaria para las generaciones presentes y futuras (Asseffa 2016). La contribución de la agrobiodiversidad a los sistemas alimentarios sostenibles puede analizarse en cuatro niveles diferentes: dentro de cada especie, entre especies diferentes, en las fincas y parcelas, y en los paisajes (CBD 2016).

La diversidad dentro de la especie hace referencia a la diversidad de variedades dentro de una misma especie, y puede ayudar a proveer servicios ecosistémicos como reducir la vulnerabilidad de los cultivos a las plagas y enfermedades e incrementar la estabilidad de la producción. Por ejemplo, las familias que cultivan mayores cantidades de variedades de la judía común en Uganda experimentaron daños menos frecuentes y graves en sus cultivos ocasionados por gorgojos y otras plagas (Miller et al. 2017).

A nivel de las especies, la diversidad puede proveer una gran variedad de servicios ecosistémicos, como proporcionar un hábitat y unos recursos para los polinizadores y otra biodiversidad de entornos silvestres (Major 2016).

A nivel de las parcelas, el incremento de la agrobiodiversidad (por ejemplo, con rotaciones de los cultivos) puede contribuir a una mayor biodiversidad del suelo, y esto a su vez a un aumento del nivel de nutrientes del suelo. En un reciente estudio se descubrió que la cantidad y la diversidad de lombrices de tierra eran mayores en cultivos sometidos a un sistema de rotación (esto es, la siembra de forma sucesiva de diferentes tipos de cultivos en el mismo terreno) que en los cultivos sin rotaciones (la siembra del mismo cultivo en temporadas consecutivas) (Asseffa 2016, Bell et al. 2018).

Por último, a nivel del paisaje, la agrobiodiversidad puede proveer servicios ecosistémicos, desde la polinización hasta la nutrición humana y el secuestro de carbono (Major 2016). En Suecia, por ejemplo, el número de vainas desarrolladas en cultivos de judías dependientes de polinizadores subió tras aumentar la proporción de vegetación seminatural en el paisaje (M’Kaibi et al. 2015).

Estas estrategias basadas en la biodiversidad vinculada a la agricultura son, por tanto, importantes para el control de la erosión del suelo, la resiliencia del clima, el control de plagas y enfermedades, la productividad, la polinización y la conservación de la vida silvestre (Major 2016). Algunos ejemplos concretos se listan a continuación incluyen (Major 2016, Bell et al. 2018, Frison et al. 2011, Jacob 2015):

- La erosión del suelo se puede controlar correlacionando variedades o especies de cultivos, o ambas, a tipos de tierra y suelos, y seleccionando cultivos de raíces profundas
- La resiliencia al clima se puede abordar a través de variedades y de especies de cultivos que se adapten bien a las condiciones climáticas actuales o previstas para el futuro (que sean, por ejemplo, resistentes a la sequía).
- La integración de múltiples elementos de diferentes usos del terreno y del agua (por ej., el cultivo de la tierra, el pastoreo del ganado, la cría de peces) permite reciclar los residuos, mejorar el manejo de nutrientes y el control de las plagas, así como diversificar las dietas y los medios de vida.
- Los sistemas de cultivo más diversificados (por ej., cultivos mixtos, hábitats seminaturales mantenidos, paisajes heterogéneos) proveen una mayor variedad de hábitats para la biodiversidad de los entornos naturales que los sistemas de cultivo simplificados y homogéneos.

#### **2.1.4. Medición de la agrobiodiversidad: IDA**

Altieri y Nicholls (2017) y Desquilbet et al. (2017) valoraron la agrobiodiversidad desde su capacidad de adaptación al cambio climático. Otros autores han realizado valoraciones a partir de su eficiencia energética (Sellepiane y Sarandón 2008) y por sus valores utilitarios y su funcionalidad en relación con las necesidades de los que la utilizan (Suárez 2014, Leyva y Lores 2018, Leyva Galán y Lores Pérez 2012). Precisamente son los autores Leyva Galán y Lores Pérez (2012), quienes realizaron una propuesta para medir la agrobiodiversidad en Cuba a través de un Índice de Agrobiodiversidad (IDA).

El IDA es una herramienta que informa el nivel de agrobiodiversidad a través de un valor numérico entre 0 y 1; teniendo en cuenta cuatro componentes de acuerdo con su importancia: necesidades humanas (IFER), importancia para la alimentación animales (IFE), para mejorar los suelos (IAVA) y una función complementaria (ICOM). Los autores (Leyva Galán y Lores Pérez 2012), después de registrar durante tres años (2004-2006) la agrobiodiversidad

presente en un total de 15 agroecosistemas en la comunidad Rural “Zaragoza” del Municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque (Cuba) diseñaron el IDA como herramienta para medir el estado de equilibrio de un agroecosistema. En este periodo Leyva Galán y Lores Pérez (2012) encontraron que la diversidad en la agricultura se incrementó del 2004 al 2006, y este incremento estuvo dominado por las especies asociadas directa o indirectamente a la alimentación humana (IFER), debido a la especialización de los agroecosistemas y la filosofía productiva de los productores, basado en la disponibilidad de mercado, la generación de ingresos y la alimentación familiar. Sin embargo, los otros componentes de IDA (IFE, ICOM y IAVA) manifestaron valores relativamente más bajos al año 2006 lo que evidenció que los productores continúan priorizando la seguridad alimentaria de la familia con un pensamiento economicista a corto plazo.

El IDA se sustenta en los principios matemáticos conocidos señalados por Dietrich (1983) al calcular el Índice Equivalente del uso de la Tierra (IET) y del Índice General de Sostenibilidad (IGS) propuesto por Zinck et al. (2005). El IDA incorpora a través de sus cuatro componentes elementos determinantes no incluidos en ningún otro índice, a saber: el valor alimentario para humanos, animales, otras formas de vida (consumidores) y para la protección del recurso suelo. Además, considera la protección medioambiental, la resiliencia, la captura de carbono, el cambio climático y su rol sociocultural, apoyado en el papel educativo del conocimiento de los valores alimenticios de las plantas y su función espiritual (Suárez 2014, Leyva y Lores 2018, Leyva Galán y Lores Pérez 2012).

Por otro lado, dada la orientación prospectiva hacia la sostenibilidad del IDA, se realizó una investigación en la “Finca La Loma”, comunidad de Limonar de Monte Rous provincia Guantánamo, Cuba para caracterizar el funcionamiento integral de un agroecosistema premontañoso entre el 2008-2011 (González et al. 2018). El estudio en este periodo contribuyó a incrementar el IDA en sólo cuatro años, de un valor inicial de 0.67 a un valor de 0.7 mediante la introducción de la diversidad ausente, reforestación y un programa de siembra o plantación de especies arbóreas reguladoras (desde el análisis alimentario) y de madera con elevada capacidad para capturar carbono. Una de las conclusiones más importantes de este trabajo es que el IDA permitió trazar las pautas a seguir para un mayor acercamiento a la sostenibilidad agraria local, asumiendo la agrobiodiversidad como su eje central.

En esta línea de investigación la contribución científica más importante sobre el IDA fue mostrada por Leyva y Lores (2018), se propuso al IDA como herramienta que identifica el grado de cercanía o distanciamiento de la sostenibilidad de los agroecosistemas basados en el indicador de agrobiodiversidad. Para esto se realizó un análisis de la similitud del IDA con el Índice General de Sostenibilidad (IGS) (Zinck et al. 2005), cuya medición se logra a través del uso de indicadores de sostenibilidad. Según los resultados obtenidos si el valor del IDA encontrado está por debajo de 0.6 el ecosistema es insostenible; es débilmente sostenible si el índice alcanza un valor entre 0.61 y 0.7; es sostenible si el valor fluctúa entre 0.71 y 0.8; y fuertemente sostenible si ese valor sobrepasa la cifra de 0.81. Un agroecosistema con valor 1.0 (muy difícil de lograr) será el valor óptimo de diversidad para un sistema local o territorial que tenga como propósito alcanzar un desarrollo agrario sostenible.

Estos antecedentes ponen de manifiesto la flexibilidad del índice IDA para incorporar o prescindir de cualquier elemento funcional que se ajuste o no al agroecosistema o a la localidad donde se lleve a cabo la evaluación.

## **2.2. AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE (ACI)**

### **2.2.1. El concepto de agricultura climáticamente inteligente**

El concepto de Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI) se presentó por primera vez en la conferencia de La Haya sobre seguridad alimentaria y cambio climático en 2010. La FAO definió ACI como un enfoque que persigue a largo plazo tres pilares fundamentales: conseguir un incremento sostenible de la producción agrícola adaptándose a las nuevas realidades de los patrones meteorológicos y al mismo tiempo mitigar los gases de efecto invernadero (Wheeler y Von Braun 2013, FAO 2016). El concepto aborda nominalmente los desafíos del cambio climático en la agricultura al mismo tiempo que trata de aumentar la seguridad alimentaria (FAO 2016). En ese sentido, el concepto no es diferente de los conceptos de resiliencia climática y desarrollo compatible con el clima (CCD), que articulan la misma idea de una política única con múltiples beneficios para la adaptación y mitigación del cambio climático (Tompkins et al. 2013).

Como se ha mencionado hasta este punto la conexión entre la agricultura y el cambio climático es real. Por un lado, la cadena de valor de la agricultura y el cambio en el uso del suelo, incluida la deforestación, representan el 30 por ciento del total de las emisiones

mundiales de GEI; mientras que, por otro lado, los impactos adversos del cambio climático están provocando la degradación de la tierra y la pérdida de biodiversidad asociada a la agricultura (Germany et al. 2007, Ardakani et al. 2019). ACI busca aumentar la productividad de una manera ambiental y socialmente sostenible, fortalecer la resiliencia de los agricultores al cambio climático y reducir la contribución de la agricultura al cambio climático mediante disminución de emisiones de GEI e incremento de secuestro de carbono en el suelo (Selim et al. 2016, Wheeler y Von Braun 2013).

En cuanto a la definición de ACI existe algunas similitudes y diferencias con agroecología. Por ejemplo, ACI no excluye las prácticas y tecnologías que pueden socavar, o son incompatibles con, los enfoques agroecológicos. Junto con la agrosilvicultura y las prácticas de cultivos intercalados que no dañan el medio ambiente, ACI también adopta y promueve una mezcla ecléctica de cultivos tolerantes a herbicidas, insecticidas y fungicidas tóxicos, semillas genéticamente modificadas (Pimbert 2015). Varias publicaciones destacaron los objetivos básicos de adaptación y mitigación de la agroecología (Altieri y Nicholls 2012) y consideraron la justicia social y la conservación de la biodiversidad (Hrabanski y Le Coq 2022). En síntesis, la diferencia principal con ACI es que en agroecología se consideran los sistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio, y los ciclos minerales, las transformaciones energéticas, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas en estos sistemas se analizan como un todo.

ACI no es un conjunto de prácticas que se puedan aplicar universalmente, sino más bien un enfoque que involucra diferentes elementos integrados en contextos locales (Ghimire et al. 2022). Las intervenciones de ACI a nivel nacional y local son tan variadas como la diversidad de las regiones, y la aplicabilidad variará según el tipo, la ubicación y la escala del sistema de producción.

Se incluye dentro del concepto climáticamente inteligente a cualquier práctica agrícola que mejore la productividad o el uso eficiente de recursos escasos debido a los beneficios potenciales con respecto a la seguridad alimentaria (primer componente de ACI) (Ghimire et al. 2022). Además, se incluye cualquier práctica agrícola que reduzca la exposición, la sensibilidad o la vulnerabilidad a la variabilidad o el cambio climático (por ejemplo, recolección de agua, terrazas, mantillo, cultivos tolerantes a la sequía, acciones comunitarias), también con acciones climáticamente inteligentes porque mejoran la capacidad de los agricultores para hacer frente a las condiciones climáticas extremas (2do



componente de ACI) (Ghimire et al. 2022, Neufeldt et al. 2013). Respecto al tercer componente, se incluyen las prácticas agrícolas que secuestran carbono de la atmósfera (por ejemplo, agrosilvicultura o labranza mínima), reducen las emisiones agrícolas (por ejemplo, manejo de estiércol, plantas de biogás, reducción de la conversión de bosques y pastizales) o mejoran la eficiencia en el uso de los recursos (por ejemplo, mayor productividad de cultivos y razas de ganado, manejo mejorado de cultivos y cría de animales) pueden considerarse climáticamente inteligentes porque contribuyen a reducir la velocidad del cambio climático (3er componente de ACI) (Neufeldt et al. 2013). Algunas de prácticas de ACI son costumbres tradicionales en muchas partes del mundo y se han transmitido de generación en generación (Mathews et al. 2018).

### **2.2.2. ¿Qué hay de nuevo con “ACI”?**

ACI no es un nuevo sistema en la agricultura ni es un nuevo conjunto de enfoques. Es más bien un enfoque, lejos de guiar los cambios necesarios en los sistemas de agricultura, dada la necesidad de abordar conjuntamente la seguridad alimentaria y el cambio climático (FAO et al. 2013, Aryal et al. 2018). ACI comparte los objetivos y principios rectores del Desarrollo Sostenible y la Economía Verde, ya que también apunta a la seguridad alimentaria y la preservación de los recursos naturales.

Las opciones climáticamente inteligentes incluyen estrategias como “*mulching*” (cubierta de residuos secos como acolchado o mosaico), cultivos intercalados, manejo integrado de plagas y enfermedades, prácticas mínimas de alteración del suelo o labranza cero (MSD), rotación de cultivos, agrosilvicultura, manejo integrado de cultivos y ganadería, acuicultura, manejo mejorado del agua, mejor pronóstico del clima para los agricultores y tecnologías innovadoras, como los sistemas de alerta temprana (FAO 2010, Miller et al. 2017, Imran et al. 2018, Jacob 2015, Chandra 2017). Según Imran et al. (2018) y Amadu et al. (2020) las opciones de ACI a nivel de chacras (agricultura familiar) incluyen el uso de cultivos múltiples en lugar de monocultivos, uso de variedades mejoradas que se adapten mejor al estrés climático, la diversificación de los sistemas y productos de la agricultura para proteger a los agricultores de la fluctuación del clima y los precios. También implica adoptar nuevas tecnologías, como la diversificación de los rasgos genéticos de los cultivos para ayudar a los agricultores a enfrentar un clima incierto y crear un entorno político propicio para la adaptación (Wheeler y Von Braun 2013, Rojas-Downing et al. 2017) y el manejo

postcosecha de los productos agrarios a lo largo de la cadena de valor para minimizar las pérdidas y los patrones de consumo sostenibles (Chandra 2017, Lipper et al. 2014).

Por último, según Makate et al. (2019) en ausencia del enfoque de ACI las áreas marginales se vuelven menos adecuadas para la agricultura cultivable como resultado de la degradación de la tierra a través de la deforestación, la erosión del suelo, la labranza repetitiva y el pastoreo excesivo. Además, los esfuerzos climáticamente inteligentes deben priorizar a los pequeños agricultores de las diferentes naciones en desarrollo. Para ello, el acompañamiento de políticas y el financiamiento de las opciones y tecnologías de ACI es otra inclusión más en el alcance general del concepto original (Lipper et al. 2014, 2018).

### **2.2.3. Herramientas para evaluar el desempeño de ACI**

En la literatura se aplicaron una amplia gama de modelos económicos y enfoques para analizar ACI en diferentes contextos (Miller et al. 2017, Imran et al. 2018, FAO 2019). Cada herramienta tiene fortalezas y debilidades relativas, dependiendo de la pregunta planteada y los factores descritos en la sección anterior. Además, se pueden combinar diferentes enfoques de modelamiento para abordar diferentes tipos de preguntas (Crouch et al. 2017). En el Cuadro 1 se describen algunos enfoques de modelado económico que se han aplicado o podrían usarse para evaluar ACI. La discusión en el siguiente párrafo se centró en modelos de comportamiento individual.

Una de las herramientas más usadas son los modelos estadísticos de comportamiento (por ejemplo, los modelos econométricos), los cuales se basan en la observación de un gran número de individuos y el uso de técnicas multivariadas para estudiar el efecto de variables clave en un comportamiento (Crouch et al. 2017). Se utilizaron estos modelos para evaluar el efecto de la variabilidad climática en la adopción de opciones climáticamente inteligentes en Etiopía; y factores que afectan las estrategias de adaptación en Malawi (Arslan et al. 2014, Asfaw et al. 2014, Arslan et al. 2015).

Aryal et al. (2018) cuestionaron el uso de los modelos Tobit censurado estándar o un modelo de doble obstáculo para evaluar los determinantes de la adopción y la intensidad de la adopción de una opción de ACI. Según su planteamiento al estimar ambos modelos y compararlos en función de los criterios de selección de cada modelo, determinó que para modelar la decisión de adopción de ACI, es más conveniente aplicar un modelo probit multivariado. Así, aplicando un modelo probit multivariado para las decisiones simultáneas

de adopción múltiple de ACI, demostró que tanto la probabilidad como la intensidad de la adopción de ACI se ven afectadas por numerosos factores, como características demográficas, características de parcelas, acceso al mercado, socioeconomía, riesgos climáticos, acceso a servicios de extensión y capacitación. Los agricultores que perciben la alta temperatura como el principal factor de riesgo climático tienen más probabilidades de adoptar la diversificación de cultivos. Amadu et al. (2020) demostraron con este modelo que es menos probable que los agricultores adopten el manejo de nutrientes específico del sitio si se enfrentan a inviernos cortos; sin embargo, es más probable que adopten labranza mínima en este caso. Este modelo ha sido utilizado en diferentes escenarios y contextos para evaluar las opciones de ACI (Kpadonou et al. 2017, Bedeke et al. 2019, Thoai et al. 2018, Teklewold et al. 2019, Aryal et al. 2020).

Thoai et al. (2018) examinaron los factores que influyen en la decisión de los agricultores de adoptar ACI y determinaron que la asistencia a la capacitación, el tamaño de la chacra, el nivel de daños, el nivel educativo, la experiencia, el acceso al crédito y el género fueron los factores que influyeron significativamente en la probabilidad de que los agricultores se adapten al cambio climático.

Teklewold et al. (2019) descubrieron que la adopción de innovaciones climáticamente inteligentes aumenta la diversidad de la dieta y mejora la disponibilidad de calorías y proteínas. Todos estos autores coinciden además en que intentar un modelado univariante excluiría información económica útil sobre decisiones de adopción interdependientes y simultáneas, ya que una decisión de adopción de tecnología está influenciada por múltiples factores. Precisamente Zougmore et al. (2010), demostraron que en la práctica los agricultores que combinan varias tecnologías de manejo del suelo y el agua tienen mejores resultados en Saria, Burkina Faso. Según estos autores, las barreras de conservación de agua y suelo semipermeables, combinadas con la aplicación de abono, redujeron significativamente la escorrentía y la pérdida de suelo.

**Cuadro 1: Comparación de los modelos económicos que se pueden usar en agricultura climáticamente inteligente (ACI)**

Modelo económico	Requisitos de datos: rigurosidad y fuentes	Complejidad del enfoque	¿Aborda 3 pilares de ACI?	Referencias
Análisis de decisiones multicriterio (ACM)	Bajo: la opinión de expertos puede funcionar, pero se puede mejorar mucho con encuestas o con información agronómica o de sistemas naturales	Bajo	Sí	Crouch et al. (2017), Haque et al. (2010)
Modelos estadísticos de comportamiento: <i>modelos econométricos</i>	Alto: encuestas	Medio	Si	Crouch et al. (2017), Arslan et al. (2014), Asfaw et al. (2014), Arslan et al. (2015)
Modelos de red bayesiana	Bajo: la opinión de expertos puede funcionar, encuestas o información de sistemas naturales	Bajo-medio	Sí	Richards et al. (2013), Pérez-Miñana et al. (2012)
Modelos de optimización	Alto: encuestas, datos de la estación experimental, observación cercana de la chacra	Medio-alto	Sí	Fowler et al. (2015)
Modelos de equilibrio parcial (PE)	Mediano: encuestas de costo y demanda, análisis de producción de chacras	Medio-alto	No	Beach et al. (2010)

Según el planteamiento de Kpadonou et al. (2017), utilizar un marco de análisis conjunto que combina modelos probit multivariados y ordenados proporciona una comprensión más integral de los desafíos que rodean la adopción de ACI. La segunda parte de este enfoque consiste en utilizar una técnica de modelado probit ordenado para analizar los factores que influyen en la intensidad de la adopción de opciones ACI. La intensidad de la adopción se mide a través de una variable de recuento que representa el número de opciones de ACI utilizadas (Aryal et al. 2019, 2018). Los datos de recuento generalmente se analizan usando

un modelo de regresión de Poisson con el supuesto subyacente de que todos los eventos tienen la misma probabilidad de ocurrencia. Sin embargo, tal como afirman Kpadonou et al. (2017) y Thoai et al. (2018) en este caso, la probabilidad de adoptar una opción de ACI podría diferir de la probabilidad de adoptar una segunda o tercera opción, dado que en los últimos casos el agricultor ya ha adquirido cierta experiencia y conoce los beneficios. De otras opciones de ACI.

Tomando en cuenta estas consideraciones se reportó que el modelo probit ordenado permite estimar el nivel de adopción de las opciones de ACI (Aryal et al. 2018, Teklewold et al. 2019, Kpadonou et al. 2017, Aryal et al. 2018, Khatri-Chhetri et al. 2017, Zha y He 2017, Maguza-tembo et al. 2017).

Una cuestión importante de este análisis es que la fuerte complementariedad entre las opciones de ACI pueden tener implicaciones políticas importantes; según Teklewold et al. (2019), estas interacciones pueden ayudar a definir paquetes apropiados de tecnologías de ACI adaptadas para áreas específicas. De cierto modo, estas evidencias científicas en la literatura siguen como base para establecer y dirigir las políticas para promover las opciones de ACI en la agricultura.

En conclusión, tanto el modelo probit multivariante y probit ordenado, constituyen dos herramientas econométricas de importancia para analizar las decisiones de adopción de una gran cantidad de opciones de ACI. Las variables explicativas en este modelo pueden considerar aspectos económicos, sociales, climáticos, étnicos, especificidades agroecológicas y particularidades de cualquier contexto local (Khatri-Chhetri et al. 2017, Aryal et al. 2020, 2019).

## **2.3. AGRICULTURA FAMILIAR (A PEQUEÑA ESCALA)**

### **2.3.1. Definición de agricultura familiar**

Se utilizan muchos términos para referirse a los pequeños agricultores, incluidos los pequeños agricultores, hogares, agricultores familiares o agricultura a pequeña escala, pero no existe una definición única e inequívoca de los pequeños agricultores. Se estima que hay 450 millones de chacras de pequeña escala a nivel global (agricultura familiar) y que sostienen una población de aproximadamente 2 200 millones de personas, lo cual representan aproximadamente el 85 por ciento de las chacras (Murphy 2012).

Se han identificado diferentes indicadores para definir a los pequeños agricultores. La propiedad de la tierra es uno de ellos. El acceso limitado a la tierra es la característica más común utilizada para identificar a los pequeños agricultores en la literatura (Garner y de la O Campos 2014). Sin embargo, este indicador excluye a grupos importantes de pequeños agricultores: la población lechera que no requiere necesariamente de la tenencia de tierras (Murphy 2012, FAO 2014). En todos los países, la distribución del tamaño de la chacra depende de muchos otros factores, como las condiciones agroecológicas y demográficas y los factores económicos y tecnológicos, y otros atributos: geográficos, el acceso, el uso y la propiedad del capital, el ganado y los insumos (incluido el crédito) (Garner y de la O Campos 2014, Martinez-Baron et al. 2018).

La definición genérica de acuerdo con la FAO para el Año Internacional de la Agricultura Familiar (celebrado el 2014) es la siguiente:

La agricultura familiar incluye todas las actividades agrícolas de base familiar y está relacionada con varios ámbitos del desarrollo rural. La agricultura familiar es una forma de clasificar la producción agrícola, forestal, pesquera, pastoril y acuícola gestionada y operada por una familia y que depende principalmente de la mano de obra familiar, incluyendo tanto a mujeres como a hombres. La familia y la granja están vinculados, co-evolucionan y combinan funciones económicas, ambientales, sociales y culturales (FAO 2014:25).

Esta definición es bastante general; sin embargo, no incluye en forma explícita todos los elementos que suelen incluirse en el concepto, y es todavía muy vaga y cualitativa como para ser usada operativamente en este estudio. Por ejemplo, enfatiza el uso preponderante del trabajo familiar, pero no establece límites para la escala de la finca o chacra. Para el caso peruano, la agricultura familiar según el Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI se ha definido como:

El modo de vida y de producción que practican hombres y mujeres de un mismo núcleo familiar en un territorio rural en el que están a cargo de sistemas productivos diversificados, desarrollados dentro de la unidad productiva familiar, como son la producción agrícola, pecuaria, manejo forestal, industrial rural, pesquera artesanal, acuícola y apícola, entre otros, siendo esta heterogénea debido a sus características socioeconómicas, tecnológicas y por su ubicación territorial. La familia y la unidad productiva

familiar están vinculadas y combinan funciones económicas, ambientales, productivas, sociales y culturales (MINAGRI 2015:33).

Esta definición considera características inherentes de la agricultura familiar (MINAGRI et al. 2012, MINAGRI 2019) como el uso predominante de la fuerza de trabajo familiar, se administra pequeñas extensiones de tierra, la actividad productiva coincide o está muy cerca del lugar de residencia en el espacio rural y se desarrolla en una unidad productiva que puede ser o no propiedad de la familia. Constituye una fuente de ingresos del núcleo familiar, aunque no necesariamente la principal, aun cuando pueda existir cierta división del trabajo, el jefe de familia no asume funciones exclusivas de conducción, sino que actúa como un trabajador más del núcleo familiar. Además, sobre esta definición, el Plan Nacional de Agricultura Familiar 2019-2021 (PLANAF 2019-2021) mediante un DS 007-2019-MINAGRI (MINAGRI 2019) se distinguen tres categorías: agricultura familiar de subsistencia, intermedia y consolidada (Cuadro 2).

Además de la definición de (MINAGRI 2019) se realizaron otros planteamientos de tipificación con la información del CENAGRO 2012 de unidades productivas agropecuarias (UA), sobre todo para el sector de la pequeña agricultura familiar (Maletta 2017, Escobal et al. 2015).

Según Escobal et al. (2015) combinan datos del IV CENAGRO (2012) y la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) del 2014 con el fin de generar una tipología de la pequeña y mediana agricultura familiar. Los autores sustentan la tipología en un método conocido como estimación de áreas pequeñas (SAE), que permite mejorar la precisión estadística en niveles de desagregación espacial. Se puede distinguir a la agricultura familiar de subsistencia de la agricultura familiar consolidada, y deja un grupo intermedio al que se le denomina agricultura familiar en transición, que se distinguen entre sí por el nivel de sus ingresos netos (si superan o no la línea de pobreza total). Sin embargo, este planteamiento no incorpora explícitamente la correlación espacial de los errores de las variables, que podrían reducir el sesgo.

Por otro lado, Maletta (2017) construyó a partir del Censo Agropecuario (CENAGRO) 2012 – una tipología de la agricultura peruana por microrregiones ecológicas y según tipos de finca (unidad productiva agropecuaria, tal como la define el censo agropecuario), que sirva como base para un sistema de monitoreo detallado del sector agropecuario, y muy especialmente de la pequeña agricultura familiar (PAF). Las microrregiones fueron definidas

con criterios agroecológicos, a partir de 203 cuencas hidrográficas y ocho pisos altitudinales, definiéndose 53 microrregiones: cada una corresponde a un mismo piso ecológico, pero, en muchos casos, incluye dos o más cuencas hidrográficas vecinas.

**Cuadro 2: Tipología de agricultura familiar según Plan Nacional de Agricultura Familiar 2019-2021**

Tipología	Definición	Subtipo	Definición
Agricultura familiar de subsistencia	UA menores de 2 ha estandarizadas que pueden o no hacer uso de riego o semillas certificadas	Agricultura familiar crítica	UA < 2 ha, no cuentan con riego en ninguna de sus parcelas y no hacen uso de semillas certificadas
		Agricultura familiar no crítica	UA < 2 ha, cuenta con alguna de las dos tecnologías: riego o semillas certificadas
Agricultura familiar intermedia	Comprende a todas las UA entre 2 y 5 ha estandarizadas que pueden o no hacer uso de riego o semillas certificadas	Agricultura familiar intermedia con menor potencial	2 ha < UA < 5 ha, no cuentan con riego en ninguna de sus parcelas y no hacen uso de semillas certificadas
		Agricultura familiar intermedia con mayor potencial	2 ha < UA < 5 ha, cuenta con alguna de las dos tecnologías: riego o semillas certificadas
Agricultura familiar consolidada	Comprende a todas las UA entre 5 y 10 ha estandarizadas que hacen uso de al menos de una tecnología: riego o semillas certificadas		Tienen sustento suficiente en la producción propia, explota recursos de tierra y otros factores de producción con mayor potencial, tiene acceso a mercados y genera excedentes

UA = Unidades agropecuarias familiares

Fuente: MINAGRI (2019)

Para esta tesis se utilizó la tipología mostrada en el Cuadro 2 (MINAGRI 2019), que utiliza dos variables de control: el tamaño de la unidad agropecuaria familiar con valores de hectáreas (ha) estandarizadas de acuerdo con tres características: la disponibilidad de riego, el tipo la tierra y la región natural (Eguren y Pintado 2015); y el nivel tecnológico de la unidad agropecuaria familiar (UA). La hectárea homogénea o estandarizada resulta de una abstracción estadística o ponderación en base a sus diferencias asociadas, por ejemplo, la



disponibilidad de agua, el uso de la tierra y la región natural que influyen finalmente en su productividad (Caballero y Alvarez 1980). Esto permitirá que los distintos tipos de tierras sean comparables entre sí y, por consiguiente, obtener resultados coherentes acerca de la importancia de la agricultura familiar en los distintos aspectos estudiados en este trabajo. Por otro lado, quedan excluidos del concepto de agricultura familiar: la agricultura no familiar (ANF) o empresarial (AE) que se caracteriza por tener unidades agropecuarias con parcelas mayor de 10 ha estandarizadas. Esta definición y clasificación de agricultura familiar es la que se usó como base porque incluye componentes que son posibles de analizar en el marco del estudio y principalmente porque incluye la gran heterogeneidad en la agricultura familiar en la cuenca “Crisnejas” a través de la aplicación de las hectáreas estandarizadas.

### **2.3.2. Tecnologías y adopción de ACI en la agricultura familiar**

En esta sección, se examina las tecnologías de ACI desde la perspectiva de la agricultura familiar o pequeña escala de acuerdo con la definición anteriormente descrita. Una tecnología es entendida entorno a ACI como un conjunto de saberes, conocimientos y técnicas aplicados en agricultura, los cuales se desarrollaron en el tiempo mediante el saber científico y de un modo empírico (Uribe Gómez 2019, Ortíz Olvera 2013). En adelante nos referimos a las tecnologías de ACI como “opciones de ACI”.

Las opciones de ACI tienen como objetivo avanzar hacia lograr los objetivos de: aumentar la productividad, mitigar el cambio climático, mejorar la resiliencia y la seguridad alimentaria, y pueden implicar el uso de nuevas tecnologías y técnicas (por ejemplo, fertilizantes de liberación lenta o la introducción de una raza de ganado más resistente) o comprenden un conocimiento de larga data (por ejemplo, agricultura en terrazas o integración de plantas leñosas con cultivos anuales) (FAO et al. 2013). Dichas opciones de ACI a nivel familiar pueden ser promovidas por actores externos o representar las innovaciones de los agricultores desarrolladas con el tiempo (Jacob 2015).

Las opciones comúnmente agrupadas bajo el paraguas de ACI incluyen agroforestería (Blaser et al. 2018), agricultura de conservación (Brown et al. 2018, Thierfelder et al. 2017), instalación y mantenimiento de infraestructura física (Pradhan y Ranjan 2016) y cultivo de variedades mejoradas de cultivos (Makate et al. 2019, Verkaart et al. 2019). Aryal et al. (2015) por su parte demostraron que entre las opciones y tecnologías de ACI que incluyen

el uso de variedades mejoradas de cultivos, nivelación láser de tierras, labranza cero, manejo de residuos, manejo de nutrientes específicos del sitio y diversificación de cultivos, la mayoría de los agricultores prefieren usar variedades de cultivos mejoradas, diversificación de cultivos, nivelación de tierras con láser y práctica de labranza cero.

Arslan et al. (2015) examinaron las opciones de labranza reducida, la rotación de cultivos y el cultivo intercalado de leguminosas, combinado con el uso de semillas mejoradas y fertilizantes inorgánicos sobre el rendimiento del maíz en Zambia, y encontraron que el cultivo intercalado de leguminosas y uso de semillas y fertilizantes aumenta significativamente los rendimientos y reduce la probabilidad de bajos rendimientos incluso bajo estrés climático crítico durante la temporada de crecimiento.

ACI también incluye acciones dentro de sistemas más amplios y marcos de políticas, como regulaciones y provisión de incentivos para apoyar las opciones de ACI (Torquebiau et al. 2018). Se identificaron para el estudio las opciones que se ajustan al perfil de ACI según la recomendación de la FAO y la literatura. El Cuadro 3 resume las opciones de ACI reportados en la literatura que están asociados a agricultura familiar (Maguza-tembo et al. 2017, Miller et al. 2017, Asfaw et al. 2015, Ardakani et al. 2019, Teklewold et al. 2019, FAO 2010, Lipper et al. 2018, Ojoko et al. 2017, Thornton et al. 2018, McInnis 2007, Westermann et al. 2018, Torquebiau et al. 2018).

A pesar de los beneficios potenciales de las opciones de ACI, su adopción sigue siendo baja entre los pequeños productores en muchos países en desarrollo (Brown et al. 2018, Westermann et al. 2018). Las limitaciones de acceso a los recursos son una razón importante para las tasas de adopción limitadas (Miller et al. 2017). La falta de acceso a la tierra, la mano de obra y el capital financiero puede representar una barrera especialmente significativa para la adopción de ciertas opciones de ACI intensivas en recursos, como la agricultura de conservación (Bell et al. 2018, Brown et al. 2018) y la construcción de infraestructura física para el manejo del suelo y el agua (Paustian et al. 2016, Pradhan y Ranjan 2016).

**Cuadro 3: Descripción de las opciones de agricultura climáticamente inteligente (ACI) a nivel de chacra o pequeña escala (agricultura familiar)**

Opciones de ACI	Definición
Agrosilvicultura	Plantación de árboles o arbustos en tierras de cultivo o pastizales (Abdulai et al. 2018)
El uso de estiércol orgánico	Mejora de la fertilidad del suelo a través del estiércol y otras fuentes orgánicas (Ashraf et al. 2016)
Agricultura de conservación	Reducir la extensión de la perturbación del suelo con labranza mínima y permitir que los residuos del cultivo en el campo después de la cosecha protejan el suelo (Partey et al. 2018)
La rotación de cultivos	Plantar diferentes cultivos en la misma área de tierras de cultivo en temporadas de siembra consecutivas
Diversificación de cultivos	Plantar variedades de cultivos de la misma especie o de especies diferentes (Mango et al. 2018)
Acolchado ( <i>mulching</i> )	Cubriendo el suelo entre plantas con franjas de residuos secos (Subedi et al. 2019)
Uso de humedales	Sembrar en humedales donde el suelo es rico en agua y Fertilidad (Partey et al. 2018)
Uso de cultivos resistentes a la sequía y al calor	Siembra de cultivos resistentes a la sequía y al calor (estrés) (Ojoko et al. 2017)
Uso de cultivos de cobertura	Siembra de cultivos de leguminosas como de cobertura (Ojoko et al. 2017)
Técnicas de conservación del suelo	Prevenir la pérdida de suelo por erosión o aliviar la pérdida de fertilidad del suelo al reducir la contaminación a través de la acidificación, la salinización u otros productos químicos. (Ojoko et al. 2017)
Manejo integrado de cultivos y ganado	Integrando la producción usados como forrajes y ganadera (Rojas-Downing et al. 2017)
Pastoreo mejorado	Manejo eficiente de pasturas (variedades mejoradas de siembra de pasturas, pastoreo rotativo)(García de Jalón et al. 2017)
Manejo eficiente del estiércol	Gestión eficiente del estiércol en la producción ganadera (García de Jalón et al. 2017)
Mejora de dieta para animales	Mejorar la dieta de los animales para lograr una mayor producción de proteínas con menos alimento y menos emisiones (García de Jalón et al. 2017)

En el Perú los agricultores a lo largo de los años aplicaron opciones de ACI derivadas de la antigua agricultura andina (Banco Mundial et al. 2015). Este conocimiento incluye el manejo de cultivos nativos (principalmente papa y maíz) y del ganado (llamas y vicuñas) en sistemas tradicionales, manejo eficiente del agua (canales, lagos y estanques), conservación de suelos (terrazas y plataformas) y cultivos asociados, entre otros. Entre las opciones de ACI más comunes, se encuentran los sistemas de riego presurizados, el uso de fertilizantes químicos y orgánicos, el mejoramiento genético, el uso de semilla certificada y la agroforestería (café, cacao y frutas) (Tapia y Fries 2007). Sin embargo, estas opciones están documentadas de manera general a partir de encuestas nacionales y/o datos globales (CENAGRO). En Perú, no se ha realizado un estudio sistematizado para evaluar las opciones de agricultura climáticamente inteligente que la agricultura familiar pone en práctica frente al cambio climático. Por otro lado, existe también un vacío en la literatura los beneficios que puede tener la aplicación de ACI en sistemas de agricultura en cuencas hidrográficas del Perú. Por ello, estos son los tópicos de interés que se van a realizar para la presente tesis en el contexto local peruano.

#### **2.4. INSTITUCIONES Y POLÍTICAS LOCALES RELACIONADOS A “ACI” EN EL PERÚ**

Según el Banco Mundial et al. (2015), Perú tiene en marcha políticas integradas, estrategias, y planes nacionales y regionales en materia del cambio climático. El Plan de Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agrario (PLANGRACC-A) (2012–2021) es el principal relacionado con ACI en el país. El PLANGRACC-A, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 0265- 2012-AG, constituye el instrumento de política pública sobre la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático para el Sector Agrario (MINAGRI et al. 2012). Aunque el PLANGRACC-A y otros planes e instituciones no han sido creados para atender explícitamente el tema de ACI en el país, en sus lineamientos incluyen temas de interés en el enfoque de ACI.

La propuesta del PLANGRACC-A plantea de manera general el eje estratégico 3: prevención y reducción de riesgos considerando eventos climáticos con los siguientes objetivos específicos: identificación, uso y conservación adecuada de las variedades nativas y crianzas con técnicas agroecológicas para la reducción del impacto de eventos climáticos, manejo de pastos, suelos y aguas mejorado para la reducción de riesgos en la agricultura, y prácticas de forestación/reforestación, agroforestería y manejo de bosques adecuados para

reducir el impacto de eventos climáticos extremos. Los lineamientos de este instrumento de política consideran de manera general el tema de ACI, sin embargo, persiguen los mismos objetivos de resiliencia al cambio climático y mejora de la productividad (MINAGRI et al. 2012).

Otras políticas vinculadas al tema de ACI son “Las Estrategias regionales de Cambio Climático sobre la base de la Ley Orgánica de Gobiernos Regionales ley N° 27867, Ley General del Ambiente (Ley 28611) y D.S. 083-2003-PCM (Estrategia Nacional sobre el Cambio Climático)” han promovido experiencias de agricultura resiliente al cambio climático que tienen que ver con ACI; por ejemplo, el “Fortaleciendo la soberanía alimentaria e identidad cultural a través de la implementación de chacras-huerta en el Altiplano andino Centro”. En este caso se realizó un proyecto sobre preparación del terreno y suelo por parte de la comunidad de Cuzco para recabar información de los sabios sobre la crianza de maíz y formular un plan para la crianza de agrobiodiversidad del maíz en Queramarca y Raqchi (AECID 2028).

Otras experiencias de agricultura vinculada a ACI son las siguientes: “Contribución a la recuperación de los recursos naturales y agricultura resiliente con familias de pequeños productores de 26 comunidades de los distritos de Paucartambo, Colquepata y Huancarani (1)”, “Implementación del sistema silvopastoril como estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático en la cabecera de la Cuenca del Río Chancay, Huaral (2)” y “Protección de *Tagetes erecta* en el establecimiento de un sistema agroforestal, asociación de “*Manihot sculenta*” yuca y “*Swietenia macrophylla*” caoba, de la defoliación a causa de *Atta* spp “*curhuinsi*” (3)” (AECID 2028).

La primera estuvo enmarcada en las políticas públicas de la Estrategia Regional Frente al Cambio Climático en Cusco para implementar tecnologías adecuadas a corto plazo que contribuyan y permitan abordar las necesidades de la agricultura y la identificación de tecnologías que contribuyen a la adaptación y mitigación de la agricultura al cambio climático. La segunda experiencia está vinculada a la Ley N° 26839.- Ley sobre la Conservación y el Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica; se buscó la implementación de sistemas silvopastoriles como una adecuada alternativa para el desarrollo sostenible en el sector agropecuario. Por último, la tercera experiencia está vinculada a la “Ley N° 26744. Reglamento de la ley de promoción del manejo integrado para el control”; ley que, a través del SENASA, INRENA e INIA, incentivan el uso de métodos para el control de plagas, de menor riesgo para la salud y el ambiente tales como el uso del control biológico.

Se trata de una opción de ACI: una alternativa viable es el uso de un controlador biológico vegetal, utilizando para ello el *Tagetes erecta* (Rosa sisa) como cercas vivas en plantaciones agrícolas, forestales y/o agroforestales.

Estos son las principales experiencias vinculadas al ACI en las que participaron tanto instituciones como políticas públicas.

En el sector agrario también participa instituciones como el Programa Nacional de Innovación Agraria del INIA que promueve programas que permitirán reducir emisiones en cultivos de arroz, cultivos agroindustriales, camélidos, pastos y forrajes, agroforestería, y ecosistemas degradados (MINAM 2016).

Asimismo, a través del Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (AGRORURAL), y han ejecutado acciones importantes de reconversión productiva relacionadas con la gestión de GEI como el Plan de Reconversión en el VRAEM (Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro) y el Programa de la Quinua (ProQuinua). El Ministerio de Agricultura está diseñando la Amazonía que comprende componentes de café, cacao, palma y ganadería, con el fin de elevar la productividad y reducir la presión a la deforestación. La situación es similar que con el PLANGRACC-A, a pesar de que no tratan directamente el tema de ACI, los objetivos que buscan es también mitigar los efectos del cambio climático y mejorar la productividad de los productores.

En las regiones de Huancavelica y Junín en Perú, de Patacamaya y Sica en Bolivia, y de Chimborazo y Tungurahua de Ecuador se ejecuta el proyecto sobre biodiversidad y buenas prácticas de agricultura climáticamente inteligente para mejorar la resiliencia y productividad de la agricultura familiar en sistemas alimentarios andinos basados en papa, con la intervención de varias entidades, como el Centro Internacional de la Papa (CIP) y que beneficia a un aproximado de 1500 productores, que aprenden a enfrentar el cambio climático (CIP et al. 2019). Esta iniciativa fue lanzada el 8 de noviembre de 2019 y se enmarca en el programa Euroclima auspiciado por la Unión Europea, también participa el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y se enfoca en tres puntos: la innovación en tecnologías agrarias, innovación comercial y la gestión de conocimientos para generar el cambio. Lo que se propuso obtener de este programa al finalizar los 24 meses son “actores con mayor capacidad de respuesta frente al cambio climático al estar en la capacidad de utilizar, difundir y gestionar nuevas y mejores opciones de ‘agricultura climáticamente inteligente’, en sistemas basados en papa (CIP et al. 2019).

En resumen, este es la única propuesta que se involucra directamente en la promoción de ACI en el Perú en agricultura familiar.

Estas políticas iniciadas en los últimos años han dirigido esfuerzos hacia lo que hemos definido como agricultura climáticamente inteligente (ACI). Sin embargo, existen vacíos en las tecnologías de ACI sobre las que se debería promover inversiones e incentivos. No tenemos políticas o documentos que identifiquen en esencia la importancia de ACI en la agricultura familiar rural.

Según el reporte de Banco Mundial et al. (2015), señalan que la conservación del medio ambiente, la adaptación al cambio climático y su mitigación han recibido altos niveles de financiamiento, pero los fondos no han sido vinculados en grado suficiente con las iniciativas, que siguen siendo poco integradas en los sectores y las regiones. Se deben tomar medidas para desarrollar y extender las opciones climáticamente inteligentes, ampliar la implementación de opciones y tecnologías, aumentar la inversión e integrar los esfuerzos de cambio climático, como lo realizaron países que dependen en gran medida de la agricultura (FAO 2019, AECID 2028, FAO 2010).

## **2.5. VACÍOS EN LA LITERATURA SOBRE ECONOMÍA, ACI Y AGROBIODIVERSIDAD**

Hasta este punto se mostraron investigaciones con una amplia variedad de literatura que analizaron los posibles impactos del cambio climático en la producción y las formas de adaptación al cambio climático (Crouch et al. 2017, Altieri y Nicholls 2017, Lipper y Zilberman 2018). Estos estudios indican que los pequeños agricultores pueden superar el impacto adverso del cambio climático mediante la adopción de la agricultura climáticamente inteligente (ACI) (Fernández et al. 2017, Thoai et al. 2018, Aryal et al. 2019). Gran parte de la revisión de la literatura se ha centrado en una variedad de factores que afectan la adopción de ACI por parte de los pequeños agricultores (Miller et al. 2017, Lipper et al. 2018, World Bank 2011, Crouch et al. 2017, Corner-Dolloff et al. 2015, Vernooy et al. 2018). Se identificaron las características de los hogares, las chacras y los factores institucionales como los determinantes clave de la adopción (Miller et al. 2017, FAO 2019, Arslan et al. 2015, James et al. 2012, Mathews et al. 2018, Thierfelder et al. 2017, Martinez-Baron et al. 2018, Lipper et al. 2018, Weniga Anuga et al. 2019, Aryal et al. 2020). Sin embargo, existe una escasez de información a nivel de agricultura familiar sobre las variables económicas asociados a la adopción de ACI y la relación de ACI en la agrobiodiversidad de los pequeños

agricultores, es decir, conocer si la adopción ACI incrementa o disminuye el nivel de agrobiodiversidad en la zona.

Teklewold et al. (2019) descubrieron que la adopción de innovaciones climáticamente inteligentes aumenta la diversidad de la dieta y mejora la disponibilidad de calorías y proteínas. A pesar de que este estudio dirigió sus objetivos sobre la medición de la diversidad de la dieta en función de las calorías y nutrientes ingeridos, un supuesto válido para investigar es que la adopción de ACI incrementa la agrobiodiversidad en unidades agropecuarias familiares. Por lo tanto, esta tesis se centró en evidenciar el efecto de variables económicas en un contexto local sobre las opciones de ACI y la agrobiodiversidad para completar este vacío en la literatura.

Este estudio también contribuye a la literatura mediante un análisis en un contexto local, en el Perú. Sabemos a la fecha que es un país vulnerable con una gran proporción de pequeños agricultores o agricultura familiar (97 por ciento) y tenemos escasos estudios científicos que evalúen las opciones de ACI en un contexto local, considerando particularmente sus especificidades, económicas, étnicas y agroecológicas.



### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Se realizó una investigación mixta de tipo concurrente. Los datos de variables cualitativas y cuantitativas de obtuvieron de manera simultánea a través de un cuestionario estructurado. Se calcularon los datos cuantitativos de los indicadores de agrobiodiversidad y ACI de las unidades agropecuarias en la cuenca “Crisnejas”.

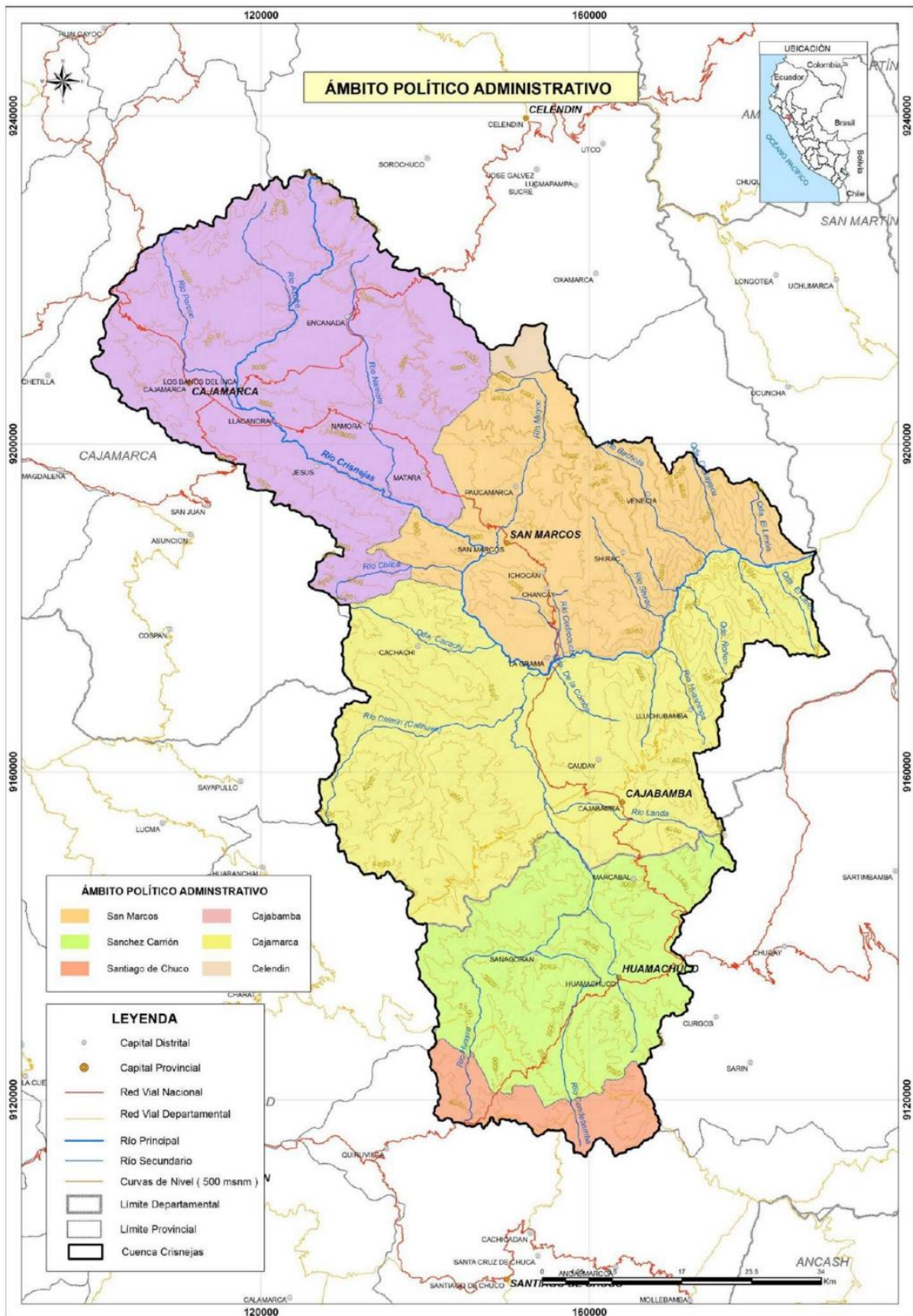
#### **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente tesis tiene un diseño no experimental con información obtenida en el campo. El enfoque no experimental es de tipo transversal o transeccional porque se recolectó los datos en un único espacio temporal, además este enfoque es apropiado para variables que no pueden o no deben ser manipuladas, o resulta complicado hacerlo. Es un estudio de campo porque se observaron y tomaron datos de un contexto local de la cuenca “Crisnejas”, y luego se estudiaron las relaciones entre las variables de interés.

#### **3.3. POBLACIÓN, TAMAÑO DE MUESTRA Y MUESTREO**

##### **3.3.1. Ubicación geográfica**

El lugar de estudio es la cuenca “Crisnejas”, la cual comprende un área de 4 928 km<sup>2</sup>. Se encuentra ubicada geográficamente entre los meridianos -78°38'2'' y -77°48'46'' de longitud oeste y los paralelos -8°0'55'' y -6°55'34'' de latitud sur. La cuenca “Crisnejas” pertenece a la vertiente Atlántica, se forma por la unión de los ríos Condebamba y Cajamarca, y constituye uno de los principales afluentes del Marañón. Limita al oeste con las cuencas Jequetepeque y Chicama, al sur con la cuenca Santa y al norte y este con el Marañón. Políticamente la cuenca del río Crisnejas se encuentra ubicada en los departamentos de Cajamarca y La Libertad, enmarcándose geográficamente las provincias de Cajamarca, San Marcos, Celendín, Cajabamba, Sánchez Carrión y Santiago de Chuco (Figura 1).

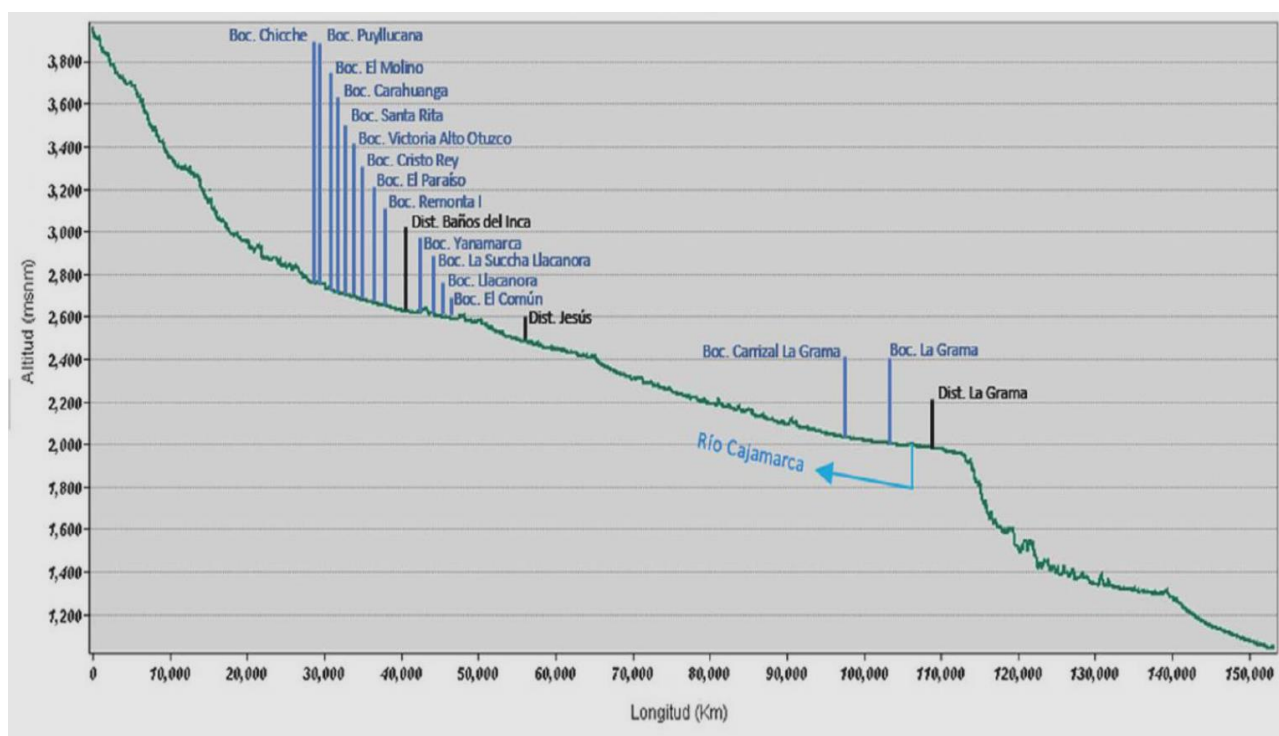


**Figura 1: Mapa del ámbito político administrativo de la cuenca “Crisnejas” en el norte de Perú**

Fuente: ANA (2016)

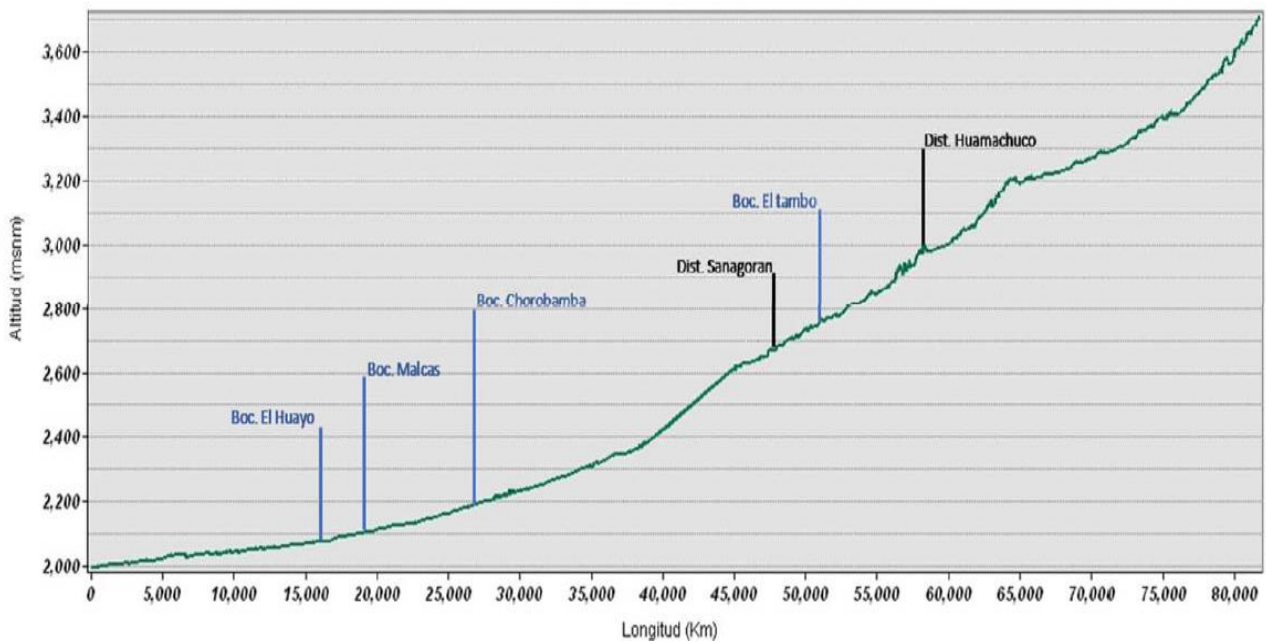
La zona geográfica presenta un relieve irregular con desniveles que van desde 1 200 a 3 900 msnm con una gran variabilidad biótica, climática y edáfica. Se distinguen los siguientes perfiles longitudinales a lo largo de los principales cauces, los cuales son representativos de la dinámica fluvial de los distintos tramos y cauces (Figuras 3 y 4, ANA 2016). El río Crisnejas se forma por la confluencia de los ríos Condebamba y Cajamarquino, a la altura de la Grama. El río tiene un perfil en el que pueden diferenciarse tres tramos en función a la pendiente (Cuadro 2), desciende 2 000 metros en los primeros 30 kilómetros, recorriendo después en el curso medio una llanura con suave pendiente hasta el centro poblado La Grama, en la confluencia con el río Condebamba. Hasta los límites geográficos de La Grama el río se denomina localmente río Cajamarca (Figura 1 y 2). El río Condebamba presenta una pendiente bastante homogénea en todo su recorrido (Figura 3).

La gestión y el manejo de los recursos hídricos en la cuenca corresponde a tres Autoridades Locales de Agua (ALA): ALA Cajamarca, ALA Crisnejas y ALA Huamachuco.



**Figura 2: Perfil longitudinal a lo largo del río Crisnejas en la cuenca Crisnejas**

Fuente: ANA (2016)



**Figura 3: Perfil del cauce del río Condebamba en la cuenca Crisnejas.**

Fuente: ANA (2016)

### 3.3.2. Caracterización socioeconómica

#### a. Población

La cuenca Crisnejas políticamente está conformada por los departamentos de Cajamarca y La Libertad. En la parte de Cajamarca hay cuatro provincias que incluyen 19 distritos que pertenecen al ámbito de la cuenca (Cajamarca, Celendín, San Marcos y Cajabamba) y en el departamento de La Libertad lo integran dos provincias (Sánchez Carrión y Santiago de Chuco) que reúnen a seis distritos (Cuadro 4). Esta cuenca posee una población total de 600 451 habitantes, los cuales se encuentran distribuidos en su mayoría en el departamento de Cajamarca (79 por ciento, 474 245 habitantes) y el resto de la población se encuentra en La Libertad (21 por ciento, 126 206 habitantes) (INEI 2018).

La población total de la cuenca incrementó en un 16 por ciento respecto al XI Censo Nacional 2007 (519 447 habitantes) (Cuadro 4). Podemos ver también respecto a la dinámica poblacional por distrito que algunos incrementaron su población si comparamos el Censo 2017 con el Censo 2007, siendo que los distritos que incrementaron en mayor proporción de tamaño fueron Cajamarca (13 853 habitantes, 22.8 por ciento), Pedro Gálvez (1 897 habitantes, 9.9 por ciento), Cajabamba (4 572 habitantes, 16.3 por ciento) y Huamachuco (19 805 habitantes, 37.8 por ciento) (Cuadro 4). Precisamente, estos distritos son a la vez identificados y reconocidos como las principales ciudades urbanas de cada provincia, las que

históricamente ofrecen oportunidades de educación y trabajo, y hacia donde migran desde el campo o áreas rurales.

**Cuadro 4: Distribución de la población total de la cuenca Crisnejas según la condición urbana y rural**

Provincia	Distrito	Censo 2007	Censo 2017		Censo (2017 – 2007)	
		Total	Urbano N (porcentaje)	Rural N (porcentaje)	Total N (porcentaje)	
Cajamarca	Encañada	23 076		20 568 (100)	20 568 -2508 (-10.9)	
	Baños del Inca	34 749	20 648 (42.5)	27 954 (57.5)	48 602 13853 (39.9)	
	Cajamarca	18 8363	191 935 (83)	39 308 (17)	231 243 42880 (22.8)	
	Llacanora	4 905		6 225 (100)	6 225 1320 (26.9)	
	Namora	9 466		10 085 (100)	10 085 619 (6.5)	
	Jesús	14 240	3 253 (20.2)	12 811 (79.8)	16 064 1824 (12.8)	
	Matara	3 752		3 769 (100)	3 769 17 (0.5)	
Celendín	Oxamarca	6 425		5 907 (100)	5 907 -518 (-8.1)	
San Marcos	Gregorio Pita	7 018		5 461 (100)	5 461 -1557 (-22.2)	
	Pedro Gálvez	19 118	10 079 (48)	10 936 (52)	21 015 1897 (9.9)	
	José Sabogal	12 985		13 023 (100)	13 023 38 (0.3)	
	José Manuel Q.	4 170		3 711 (100)	3 711 -459 (-11)	
	Ichocan	2 149		1 995 (100)	1 995 -154 (-7.2)	
	Chancay	3 297		3 096 (100)	3 096 -201 (-6.1)	
	Eduardo V.	2 294		2 851 (100)	2 851 557 (24.3)	
Cajabamba	Cachachi	24 305		25 109 (100)	25 109 804 (3.3)	
	Condebamba	13 186		14 749 (100)	14 749 1563 (11.9)	
	Cajabamba	28 079	18 880 (57.8)	13 771 (42.2)	32 651 4572 (16.3)	
	Sitacocha	8 717	2 525 (31.1)	5 596 (68.9)	8 121 -596 (-6.8)	
Sánchez Carrión	Sanagoran	12 983		14 228 (100)	14 228 1245 (9.6)	
	Marcabal	14 807		11 824 (100)	11 824 -2983 (-20.1)	
	Huamachuco	52 459	46 772 (64.7)	25 492 (35.3)	72 264 19805 (37.8)	
	Curgos	8 181		8 523 (100)	8 523 342 (4.2)	
Santiago de Chuco	Cachicadan	6 663	2 715 (46.4)	3 135 (53.6)	5 850 -813 (-12.2)	
	Quiruvilca	14 060	7 421 (54.9)	6 096 (45.1)	13 517 -543 (-3.9)	
TOTAL		519 447	304 227 (50.7)	296 224 (49.3)	600451 (100.0)	81004 (15.6)
TOTAL (excluyendo distrito Cajamarca)		331 084	112 292 (30.4)	256 916 (69.9)	369 208 (100.0)	38 124 (11.5)

Fuente: Elaborado con base en XII Censo Poblacional Nacional (2017) y XI Censo Nacional Poblacional (2007)

En el Cuadro 4 también se puede evidenciar que el distrito de Cajamarca según el último censo cuenta con la mayor población en la cuenca hidrográfica (231 243 habitantes), representando el 38.5 por ciento de habitantes de la cuenca, con una distribución principalmente urbana respecto al ámbito rural en el distrito (191 935 habitantes, 83 por ciento). Lo anterior genera un sesgo en los porcentajes de los demás distritos incrementando el porcentaje de población urbana (50.7 por ciento) en la cuenca y generando que se pueda observar similar proporción con respecto al ámbito rural en la cuenca (49.3 por ciento). Así que, si se analiza la población urbano – rural de la cuenca excluyendo la información del distrito de Cajamarca, podemos ver que la parte rural representa el 70 por ciento de la población (Cuadro 4). En los siguientes cuadros sobre características de la población en la cuenca por estratos se excluye Cajamarca de la zona alta para un lograr un análisis diferenciado.

La distribución de la población de acuerdo con la edad caracteriza a la población con las siguientes categorías: primera infancia (0 - 5 años), niñez (6 - 11 años), adolescencia (12 - 17 años), jóvenes (18 - 29 años), adultos jóvenes (30 - 44 años), adultos (45 - 59 años), adultos mayores (60 y más años) (Cuadro 5 y Cuadro 6).

En el Cuadro 5 se puede observar ver que los habitantes en la zona urbana son mayoritariamente jóvenes, adultos jóvenes y adultos (n = 177 588, 58.4 por ciento). En una menor proporción se encuentran los adultos mayores (8.8 por ciento). Por otra parte, los adolescentes, niños e infantes representan el 32.8 por ciento de la población urbana (99 890 habitantes) (Cuadro 5).

Se observa además que, en la parte urbana de la cuenca, Cajamarca comprende el 63 por ciento de la población total urbana, la zona baja y media tienen una proporción similar de población en la cuenca (Cuadro 5).

En el Cuadro 6 se distribuye la población rural y podemos ver que en este grupo la zona media y alta es más importante en términos porcentuales (concentra el 80 por ciento de la población rural). El distrito de Cajamarca representa apenas el 13.3 por ciento de la población. Además, según grupo de edad, la población rural de la cuenca de la cuenca está concentrada en los jóvenes, adultos jóvenes y adultos (n = 148404, 50.1 por ciento).

**Cuadro 5: Distribución a nivel de estratos de la población urbana en la cuenca Crisnejas según edad**

Estratos	Grupos de edad (años), n (porcentaje)							Total, n (porcentaje)
	0 - 5	6 - 11	12 - 17	18 - 29	30 - 44	45 - 59	≥ 60	
Zona baja	-	-	-	-	-	-	-	-
Zona media	6503 (18.7)	6659 (19.6)	3866 (13.3)	11001 (16.0)	12122 (17.7)	7714 (19.1)	5410 (20.2)	53275 (17.6)
Zona Alta (*)	7697 (22.1)	7345 (21.6)	6770 (23.3)	12571 (18.3)	11951 (17.4)	6711 (16.6)	3864 (14.4)	56909 (18.8)
Cajamarca	20572 (59.2)	19995 (58.8)	18374 (63.3)	44987 (65.6)	44576 (64.9)	25957 (64.3)	17475 (65.3)	191936 (63.5)
Total, n (porcentaje)	34772 (100.0)	33999 (100.0)	29010 (100.0)	68559 (100.0)	68649 (100.0)	40382 (100.0)	26749 (100.0)	302120 (100)

Fuente: Elaborado con base en XII Censo Nacional (2017). (\*): datos de zona alta de la cuenca excluyendo información del distrito de Cajamarca

**Cuadro 6: Distribución de la población rural a nivel de estratos en la cuenca Crisnejas según rangos de edad**

Estratos	Grupos de edad (años), n (porcentaje)							Total, n (porcentaje)
	0 - 5	6 - 11	12 - 17	18 - 29	30 - 44	45 - 59	≥ 60	
Zona baja	2288 (5.9)	2352 (5.8)	2161 (6.1)	2823 (5.3)	3270 (5.7)	2458 (6.5)	2248 (6.9)	17600 (5.9)
Zona media	12367 (31.7)	12875 (31.8)	10850 (30.6)	17021 (31.9)	18880 (32.9)	12525 (33.3)	11723 (35.8)	96241 (32.5)
Zona Alta (*)	19641 (50.3)	20848 (51.5)	18440 (52.0)	24808 (46.5)	26635 (46.4)	17730 (47.1)	14972 (45.7)	143074 (48.3)
Cajamarca	4760 (12.2)	4432 (10.9)	4029 (11.4)	8660 (16.2)	8662 (15.1)	4931 (13.1)	3834 (11.7)	39308 (13.3)
Total, n (porcentaje)	39056 (100.0)	40507 (100.0)	35480 (100.0)	53312 (100.0)	57447 (100.0)	37644 (100.0)	32777 (100.0)	296223 (100)

Fuente: Elaborado con base en XII Censo Nacional (2017). (\*): datos de zona alta de la cuenca excluyendo información del distrito de Cajamarca.



b. Aspectos sociales

En cuanto al aspecto educativo, en el Cuadro 7 se muestra el nivel de analfabetismo en cada distrito de la Cuenca considerando el género y condición urbano-rural. Se observa en términos generales que el nivel de analfabetismo es mayor en la parte rural (23.3 por ciento) comparado con la parte urbana de la cuenca (14.4 por ciento) (Cuadro 7). Se observa, además, que la tasa de analfabetismos en las mujeres es mayor que en los hombres tanto en el ámbito rural como el urbano. A nivel de estratos de la cuenca según altitud se observa también un mayor nivel de analfabetismo en el género femenino.

**Cuadro 7: Nivel de analfabetismo a nivel de estratos según género y condición urbano-rural en la cuenca Crisnejas**

Distrito	Analfabetismo - URBANO (porcentaje)			Analfabetismo - RURAL (porcentaje)		
	Hombre	Mujer	TOTAL	Hombre	Mujer	TOTAL
Zona baja	-	-	-	8.05	13.85	21.9
Zona Media	5.6	9.8	15.4	7.1	14.0	21.2
Zona Alta (*)	4.9	9.0	14.0	8.8	16.4	25.3
Cajamarca	3.9	6.3	10.2	7.2	15.9	23.1
PROMEDIO ( $\bar{x}$ )	5.2	9.2	14.4	8.0	15.3	23.3

Fuente: Elaborado con base en XII Censo Nacional (2017). (-) los distritos no tienen población urbana según clasificación del Censo, (\*) datos de zona alta de la cuenca excluyendo información del distrito de Cajamarca

Sobre los valores de migración, en el XII Censo Nacional, se puede ver un claro contraste: el total de casos de inmigración en la cuenca urbana (34165) es cuatro veces mayor que en la parte rural (7843) (Cuadro 8).

En el distrito de Cajamarca ocurrió la mayor inmigración en los últimos cinco años en la zona urbana (20 610 habitantes, 60.3 por ciento), esto es de esperarse puesto que Cajamarca al ser la capital del departamento concentra la mayor cantidad de población y oportunidades laborales para la región norte de la cuenca. Se observa un contraste en el área rural, puesto que la zona media y alta de la cuenca han recibido un mayor número de inmigrantes (44.8 por ciento y 35.5 por ciento de migración) (Cuadro 8).



**Cuadro 8: Características de la inmigración de la población según estrato y condición urbano-rural en la cuenca Crisnejas**

Estrato	URBANO		RURAL	
	Casos Inmigración	Porcentaje	Casos Inmigración	Porcentaje
Zona Baja	0	0.0	627	8.0
Zona Media	7981	23.4	3514	44.8
Zona Alta (*)	5574	16.3	2787	35.5
Cajamarca	20610	60.3	915	11.7
Total	34165	100.0	7843	100.0

Fuente: Elaborado con base en XII Censo Nacional (2017). (\*) datos sobre zona alta de la cuenca excluyendo información del distrito de Cajamarca

Sobre el tipo de abastecimiento de agua en las viviendas urbanas se observan nueve fuentes principales. En el Cuadro 9 se observa que el abastecimiento a través de red pública (dentro y fuera de la vivienda) predomina en la parte urbana de la cuenca con un 95.5 por ciento de hogares que usan este servicio según el Censo Nacional 2017 (INEI 2018). También se observa que Cajamarca al concentrar la mayor proporción de población urbana en la cuenca, el número de viviendas es mayor comparado con la zona media y alta.

**Cuadro 9: Características del abastecimiento de agua en la vivienda según estrato en las viviendas urbanas de la cuenca Crisnejas**

Estrato	Viviendas urbanas – Abastecimiento de agua, n (porcentaje)									
	RPin*	RPout*	PP*	CC*	PS*	MP*	RA*	Otro	Vecin	Total
Zona Baja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zona Media	11992 (88.3)	972 (7.2)	161 (1.2)	14 (0.1)	269 (2.0)	25 (0.2)	31 (0.2)	39 (0.3)	75 (0.6)	13579 (20.3)
Zona Alta (**)	9951 (85.2)	836 (7.2)	181 (1.5)	158 (1.4)	395 (3.4)	11 (0.1)	26 (0.2)	42 (0.4)	77 (0.7)	11679 (17.5)
Cajamarca	36819 (88.4)	3303 (7.9)	275 (0.7)	-	50 (0.1)	1020 (2.4)	17 (0.0)	47 (0.1)	108 (0.3)	41642 (62.2)
Total, n (porcentaje)	58762 (87.8)	5111 (7.6)	617 (0.9)	172 (0.3)	714 (1.1)	1056 (1.6)	74 (0.1)	128 (0.2)	260 (0.4)	66894 (100)

(\*): Red pública dentro de la vivienda (RPin), red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación (RPout), pilón o pileta de uso público (PP), camión - cisterna u otro similar (CC), pozo (agua subterránea) (PS), manantial o puquio (MP), río, acequia, lago, laguna (RA). (\*\*) datos sobre zona alta excluyendo información del distrito de Cajamarca.

Fuente: Elaborado con base en XII Censo Nacional (2017).

Por el contrario, las características son diferentes en las viviendas de la zona rural (Cuadro 10). El abastecimiento a través de una red pública (dentro o fuera de la vivienda) está presente en un 66.1 por ciento (51840 viviendas). El abastecimiento de agua proveniente de pozo (agua subterránea) y pilón o pileta de uso público (PP) son también importantes, 17.4 por ciento y 6.1 por ciento respectivamente (Cuadro 10). También es importante el abastecimiento de manantial o puquio (5.7 por ciento, 4447 viviendas) y el agua proveniente de acequia, lago, laguna (3.2 por ciento, 2503 viviendas) si lo comparamos con la parte urbana (Cuadro 9 y 10). En la zona alta rural es importante el uso de pilón o pileta de uso público y fuentes de agua de manantial o puquio, comparado con la zona media y baja (Cuadro 10).

**Cuadro 10: Características del abastecimiento de agua en la vivienda según distrito en las viviendas rurales de la cuenca Crisnejas**

Estrato	VIVIENDAS RURALES - Abastecimiento de agua, n (porcentaje)									
	RPin*	RPout*	PP*	CC*	PS*	MP*	RALL*	Otro	Vecino	Total
Zona Baja	1705 (36.5)	2568 (55.0)	67 (1.4)	0 (0.0)	115 (2.5)	39 (0.8)	77 (1.6)	4 (0.1)	93 (2.0)	4669 (6.0)
Zona Media	14776 (52.8)	6049 (21.6)	981 (3.5)	78 (0.3)	3641 (13.0)	1362 (4.9)	735 (2.6)	127 (0.5)	240 (0.9)	27991 (35.7)
Zona Alta (**)	11962 (33.0)	9088 (25.1)	2938 (8.1)	63 (0.2)	8178 (22.6)	2206 (6.1)	1513 (4.2)	142 (0.4)	150 (0.4)	36243 (46.2)
Cajamarca	4030 (42.5)	1662 (17.5)	794 (8.4)	20 (0.2)	1732 (18.3)	840 (8.9)	178 (1.9)	43 (0.5)	173 (1.8)	9476 (12.1)
Total, n (porcentaje)	32473 (41.4)	19367 (24.7)	4780 (6.1)	161 (0.2)	13666 (17.4)	4447 (5.7)	2503 (3.2)	316 (0.4)	656 (0.8)	78369 (100)

(\*): Red pública dentro de la vivienda (RPin), red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación (RPout), pilón o pileta de uso público (PP), camión - cisterna u otro similar (CC), pozo (agua subterránea) (PS), manantial o puquio (MP), río, acequia, lago, laguna (RALL). (\*\*) datos sobre zona alta de la cuenca excluyendo Cajamarca.

Fuente: Elaborado con base en XII Censo Nacional (2017)

Otro servicio básico en la población está referido al servicio higiénico en la vivienda (Cuadros 11 y 12). Se puede contrastar que la red pública de desagüe dentro y fuera de la vivienda es predominante en la zona urbana (87.7 por ciento), comparado con las viviendas rurales (10.6 por ciento). El pozo ciego o negro (5.4 por ciento) y las letrinas (con tratamiento) (2.3 por ciento) son otros tipos de servicio higiénico que usan en la zona urbana (Cuadro 11).

**Cuadro 11: Características del servicio higiénico en la vivienda según distrito en las viviendas urbanas de la cuenca Crisnejas**

Estratos	VIVIENDAS URBANAS – Servicio higiénico de la vivienda, n (porcentaje)								
	RPin*	RPout*	PS*	LET*	PCN*	RIO*	CAL*	Otro	Total
Zona Baja	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zona Media	10906 (80.3)	947 (7.0)	144 (1.1)	626 (4.6)	857 (6.3)	27 (0.2)	28 (0.2)	43 (0.3)	13579 (20.3)
Zona Alta (**)	9093 (77.9)	808 (6.9)	60 (0.5)	140 (1.2)	844 (7.2)	71 (0.6)	555 (4.8)	106 (0.9)	11679 (17.5)
Cajamarca	34611 (83.1)	3677 (8.8)	460 (1.1)	800 (1.9)	1888 (4.5)	105 (0.3)	50 (0.1)	48 (0.1)	41642 (62.2)
Total, n (porcentaje)	54610 (81.6)	5 432 (8.1)	664 (1.0)	1566 (2.3)	3 589 (5.4)	203 (0.3)	633 (0.9)	197 (0.3)	66894 (100)

(\*): Red pública de desagüe dentro de la vivienda (RPin), red pública de desagüe fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación (RPout), pozo séptico, tanque séptico o biodigestor (PS), letrina (con tratamiento) (LET), pozo ciego o negro (PCN), río, acequia, canal o similar (RIO), campo abierto o al aire libre otro (CAL). (\*\*) datos sobre zona alta de la cuenca excluyendo información del distrito de Cajamarca.

Fuente: Elaborado con base en XII Censo Nacional (2017)

En la parte rural es más importante el uso del pozo ciego o negro (PCN) (46.9 por ciento de las viviendas) y letrina (con tratamiento) (LET) (28 por ciento) (Cuadro 12). Además, se observa que el uso de campo abierto o al aire libre otro como baño (CAL) (7.3 por ciento) es tan importante como la red pública de desagüe dentro de la vivienda a la que pueden acceder los pobladores rurales (8.6 por ciento). Otra diferencia importante está presente en la zona alta respecto a la red pública dentro de la vivienda incluyendo Cajamarca, es menor a la zona media; en la zona alta es más importante otros tipos como el uso de campo abierto o al aire libre (13.3) (Cuadro 12).

En cuanto servicio de alumbrado eléctrico, según el XII Censo Nacional de población 2017, el 93 por ciento de viviendas urbanas cuentan con este servicio comparado con el 71.9 por ciento en las viviendas rurales (Cuadro 13).

**Cuadro 12: Características del servicio higiénico en la vivienda según distrito en las viviendas rurales de la cuenca Crisnejas**

Estratos	Viviendas rurales – Servicio higiénico de la vivienda, n (porcentaje)								Total
	RPin*	RPout*	PS*	LET*	PCN*	RIO*	CAL*	Otro	
Zona Baja	314 (6.7)	31 (0.7)	284 (6.1)	1910 (40.9)	2025 (43.4)	11 (0.2)	74 (1.6)	19 (0.4)	4669 (6.5)
Zona Media	3235 (12.5)	705 (2.7)	1863 (7.2)	6759 (26.1)	12157 (46.9)	47 (0.2)	1031 (4.0)	113 (0.4)	25912 (36.1)
Zona Alta (**)	2709 (8.5)	715 (2.2)	2577 (8.1)	7534 (23.7)	13803 (43.4)	134 (0.4)	4231 (13.3)	85 (0.3)	31791 (44.2)
Cajamarca	308 (3.3)	42 (0.4)	207 (2.2)	3927 (41.4)	4620 (48.8)	98 (1.0)	227 (2.4)	43 (0.5)	9476 (13.2)
Total, n (porcentaje)	6566 (9.1)	1493 (2.1)	4931 (6.9)	20130 (28.0)	32605 (45.4)	290 (0.4)	5563 (7.7)	260 (0.4)	71848 (100.0)

(\*): Red pública de desagüe dentro de la vivienda (RPin), red pública de desagüe fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación (RPout), pozo séptico, tanque séptico o biodigestor (PS), letrina (con tratamiento) (LET), pozo ciego o negro (PCN), río, acequia, canal o similar (RIO), campo abierto o al aire libre otro (CAL). (\*\*) datos sobre zona alta de la cuenca excluyendo información del distrito de Cajamarca.

Fuente: Elaborado con base en XII Censo Nacional (2017)

**Cuadro 13: Características del servicio de alumbrado eléctrico en la vivienda según distrito en las viviendas de la cuenca Crisnejas**

Estratos	Alumbrado eléctrico por red pública					
	Urbano			Rural		
	N	Porcentaje	Total	N	Porcentaje	Total
Zona Baja	-	-	-	3659	78.4	4668
Zona Media	12336	90.9	13578	19662	75.9	25910
Zona Alta (*)	10301	88.2	11677	23532	64.9	36240
Cajamarca	39779	95.5	41639	8033	84.8	9472
Total	62416	93.3	66894	54886	71.9	76290

(\*): Datos sobre zona alta de la cuenca excluyendo información de Cajamarca.

Fuente: Elaborado con base en XII Censo Nacional (2017)

En lo que corresponde a la condición de pobreza monetaria, los datos se obtienen a partir de la Encuesta Nacional de Hogares, esta es la única fuente oficial en el Perú para la estimación de la pobreza monetaria. Esta encuesta con selección probabilística de los hogares se realiza en forma continua cada año en todo el territorio. Según esta metodología la pobreza

monetaria mide la capacidad de los peruanos de poder adquirir una canasta mínima de bienes (incluido los alimentos) y servicios, aunque no represente su consumo efectivo. La situación de pobreza en la cuenca representa el 42.1 por ciento de la población, dentro del cual el 15.1 por ciento en promedio se encuentran en situación de pobreza extrema de acuerdo con la ENAHO (2019) (Cuadro 14). El nivel de pobreza extrema y no extrema es mayor en la zona alta sin considerar el distrito de Cajamarca (INEI 2018); a pesar de ello, la pobreza en la zona media y alta ha disminuido entre los periodos 2015 y 2019 (Cuadro 14).

**Cuadro 14: Condición de pobreza monetaria a nivel de estratos en la población de la cuenca Crisnejas**

Estratos/Año	Pobre Extremo (porcentaje)			Pobre No Extremo (porcentaje)			No Pobre (porcentaje)		
	2015	2017	2019	2015	2017	2019	2015	2017	2019
Zona Baja	12.5	-	31.3	25.0	62.5	25.0	62.5	37.5	43.8
Zona Media	17.1	17.4	13.9	20.1	30.7	26.4	62.9	52.0	59.8
Zona Alta sin Cajamarca	23.5	21.9	15.8	38.2	34.7	29.5	38.3	43.4	54.7
<i>Cajamarca</i>	9.2	4.7	3.2	9.8	9.8	11.9	81.0	85.5	84.9
Porcentaje ( $\bar{x}$ )	15.6	14.7	16.0	23.3	34.4	23.2	61.2	54.6	60.8

(-): No existe información sobre pobreza en las bases de datos consultadas. (\*) Datos sobre zona alta de la cuenca excluyendo información del distrito de Cajamarca.

Fuente: Elaborado con base en ENAHO (2015, 2017 y 2019)

Por otro lado, adicional a la información presentada en el Cuadro 14 de toda la cuenca, se describe también agrupando los datos de la parte urbana y rural de la cuenca Crisnejas (Cuadro 15 y 16).

En el Cuadro 15 se observa que los valores promedio de pobreza monetaria en la población urbana de la cuenca. La pobreza extrema presenta mayores valores en la zona alta de la cuenca en el 2019 (20 por ciento), pobre no extremo mostró un nivel de 15.1 por ciento y no pobre 83.3 por ciento. El distrito de Cajamarca, perteneciente a la zona alta destaca por tener los menores índices de pobreza en la cuenca (Cuadro 15).

**Cuadro 15: Condición de pobreza monetaria a nivel de estratos en la población urbana de la cuenca Crisnejas**

Estratos /Año	Pobre Extremo (porcentaje)			Pobre No Extremo (porcentaje)			No Pobre (porcentaje)		
	2015	2017	2019	2015	2017	2019	2015	2017	2019
Zona Baja	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zona Media	0.0	2.8	0.0	20.5	35.2	19.2	86.3	72.9	85.6
Zona Alta sin Cajamarca (*)	0.0	4.3	20.0	20.6	28.4	15.1	79.4	79.7	83.3
Cajamarca	1.5	1.0	0.0	6.1	7.7	8.3	92.4	91.3	91.7
Promedio ( $\bar{x}$ )	1.5	2.7	20.0	15.7	23.8	14.2	86.0	81.3	86.9

(-): No hay información sobre pobreza en las bases de datos consultadas. (\*) Datos sobre la zona alta de la cuenca excluyendo información del distrito de Cajamarca.

Fuente: Elaborado con base en ENAHO (2015, 2017 y 2019)

Por otro lado, en la población rural el nivel promedio de pobreza extrema y no extrema es en total 53.4 por ciento y un 48 por ciento son “no pobres” en el 2019 (Cuadro 16). Como era de esperarse, el porcentaje de pobreza (pobre extremo y no extremo) en la población rural es considerablemente mayor si se compara a la información de la población urbana (Cuadro 15) y también es mayor comparado con la población total de la cuenca (Cuadro 14) (INEI 2018). Los mayores índices de pobreza se encuentran distribuido en la parte rural de la cuenca Crisnejas. Además, el nivel de pobreza en los últimos años en la zona media y zona disminuyó en términos porcentuales (Cuadro 16).

**Cuadro 16: Condición de pobreza monetaria a nivel de estratos en la población rural de la cuenca Crisnejas**

Estratos/Año	Pobre Extremo (porcentaje)			Pobre No Extremo (porcentaje)			No Pobre (porcentaje)		
	2015	2017	2019	2015	2017	2019	2015	2017	2019
Zona Baja	12.5	0.0	31.3	25.0	62.5	25.0	62.5	37.5	43.8
Zona Media	30.4	29.6	19.2	28.6	35.5	31.8	55.8	42.4	51.4
Zona Alta (*)	26.7	25.5	24.0	38.9	37.2	34.9	34.5	37.3	44.1
Cajamarca	40.6	23.1	18.4	25.0	20.5	28.9	34.4	56.4	52.6
Promedio ( $\bar{x}$ )	27.6	19.6	23.2	29.4	38.9	30.2	46.8	43.4	48.0

(\*) Datos sobre la zona alta de la cuenca excluyendo información de Cajamarca.

Fuente: Elaborado con base en ENAHO (2015, 2017 y 2019)

### c. Actividades productivas

Las principales actividades productivas en la cuenca son la minería, manufactura y el sector agropecuario. La estructura sectorial de contribución al PBI en la cuenca está dominada en primer lugar por la minería (39.8 por ciento), en segundo lugar, el agropecuario (21.9 por ciento) y luego otros servicios (19 por ciento) y manufactura (12.1 por ciento) (ANA; MINAM 2016).

#### - **Minería**

En lo que respecta a minería, se desarrolla de manera importante la extracción metálica (oro y plata principalmente) y en menor medida la cobre y molibdeno. Entre las empresas mineras en operación existentes en la cuenca tenemos a Minera Yanacocha S.A.C., la cual ha concentrado durante años la producción minera del oro, en un promedio del 40 por ciento de la producción nacional. Otra minera importante es Minera Sulliden Shahuindo S.A.C. con base sus operaciones ubicadas en Sitacocha pasó de procesar 12 mil toneladas de mineral al día en 2016 a 35 mil en el 2019 (MINEM 2020). Otras empresas que también tienen actividad son La Arena S.A.C., Compañía Minera San Simón S.A. y Minera Barrick Misquichilca S.A., Compañía Minera Canadian Shield Perú S.A.C y Minera Sulliden Shahuindo S.A.C. (ANA; MINAM 2016). Otra minera que se sumó a esta lista en últimos años es la Mina Isabelita se ubica en el distrito de Huamachuco, en La Libertad. Esta parte de la cuenca ha sido ocupada en las últimas décadas por mineros ilegales que ocasionaron un profundo daño ambiental con el vertimiento indiscriminado de elementos químicos sobre el ecosistema norteño y tiene una vida útil de ocho años, que se inicia en el 2019 y concluye en el 2026, y se estimó inversión de 145 millones de dólares americanos en la construcción y operación de *Summa Gold* al 2026. Por esto, en lo que respecta al oro, las mineras en la cuenca Crisnejas continúa siendo los líderes en producción de oro en el país, concentran cerca del 50 por ciento de la producción aurífera nacional (MINEM 2020).

#### - **Manufactura**

La actividad manufacturera en la cuenca Crisnejas se caracteriza por pequeñas empresas atomizadas e informales; sin embargo, se destaca la presencia de empresas con producción a mayor escala, como Nestlé y Gloria, cuyas plantas de acopio y concentración de leche tienen una capacidad instalada para 500 mil y 200 mil litros diarios, respectivamente. Por su parte, Gloria tiene adicionalmente la producción de quesos y manjar blanco, cuya capacidad

diaria de planta para la elaboración de dichos productos es de 170 TM y 120 TM, respectivamente (ANA; MINAM 2016).

#### - **Agropecuario**

En el sector agropecuario, la cuenca Crisnejas posee un total de 133 893 hectáreas utilizados total o parcialmente para la producción agropecuaria incluyendo el ganado, lo cual representa el 3.1 por ciento de la superficie nacional (CENAGRO 2012). El área predominante de las parcelas de tierra es menor de 10 hectáreas, lo cual representa el 57.1 por ciento (76 488 ha) de la superficie agropecuaria en la cuenca (agricultura familiar). Precisamente se muestra que la distribución de la superficie agropecuaria familiar se encuentra principalmente en Cajamarca (36.4 por ciento) y Cajabamba (26.1 por ciento), es decir, que más del 50 por ciento de la superficie agraria de la cuenca. También podemos observar a partir del Censo Nacional Agrario del 2012 que el 96.5 por ciento (86 530 unidades agropecuaria (UA)) corresponden a UA de agricultura familiar ( $\leq 10$  ha).

Similar a lo anteriormente mencionado, Cajamarca y Cajabamba albergan 56 484 UA que representan el 65.3 por ciento de las UA de tamaño familiar en la cuenca Crisnejas. Al respecto, la tipología sobre agricultura familiar y su clasificación en el Perú fue discutido en el capítulo 2.3., Santiago de Chuco y Sánchez Carrión son las provincias con menos UA, esto se debe a que geográficamente una pequeña porción de toda la provincia está incluida dentro de los límites territoriales de la cuenca Crisnejas (Cuadro 1).

Adicionalmente a la información publicada con el CENAGRO (2012) sobre agricultura familiar, para caracterizar este sector en la cuenca, en las siguientes secciones se presenta información extraída a partir de la Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. Sin embargo, a partir de la información en la Encuesta Agropecuaria 2019 no es posible obtener datos de agricultura familiar (menor de 10 ha), ya que la data incluye a unidades agropecuarias medianas (< de 50 ha). A pesar de que el objetivo principal de esta sección es caracterizar la agricultura familiar y que los datos de ambas fuentes no pueden ser comparativos, la Encuesta Nacional Agropecuaria nos muestra información adicional a la del CENAGRO, información además más actualizada sobre algunas características del sector agropecuario en la cuenca.

Según la Encuesta Nacional Agropecuaria 2019, el 36.2 por ciento de las pequeñas y medianas UA posee al menos una parcela bajo riego y el 63.8 por ciento de UA tiene cultivos en seco con aguas de lluvia (63.8 por ciento) (Cuadro 17). Estos porcentajes son similares



para la agricultura familiar, en la cuenca el 29.5 por ciento de UA familiares tienen acceso a riego en al menos alguna de sus parcelas y el 70.5 por ciento cultiva en secano CENAGRO (2012).

**Cuadro 17: Características agropecuarias sobre el tipo de cultivo y tipo de semilla en la cuenca Crisnejas**

Descripción	Tipo de cultivo		Tipo de semilla	
	Riego (porcentaje)	Secano (porcentaje)	Certificada (porcentaje)	No certificada (porcentaje)
<b>Distrito</b>				
Encañada	36.7	63.3	0.0	100.0
Baños del Inca	64.0	36.0	15.2	84.8
Cajamarca	36.0	64.0	14.6	85.4
Llacanora	3.7	96.3	0.0	100.0
Namora	100.0	0.0	0.0	100.0
Jesús	18.5	81.5	0.0	100.0
Gregorio Pita	26.2	73.8	4.5	95.5
Pedro Gálvez	61.0	39.0	7.7	92.3
Ichocan	0.0	100.0	-	-
Chancay	100.0	0.0	71.4	28.6
Cachachi	55.2	44.8	3.0	97.0
Condebamba	100.0	0.0	-	-
Cajabamba	71.5	28.5	23.0	77.0
Sitacocha	30.2	69.8	0.0	100.0
Sanagoran	20.5	79.5	0.0	100.0
Marcabal	4.5	95.5	5.6	94.4
Huamachuco	22.0	78.0	1.9	98.1
Curgos	5.9	94.1	0.0	100.0
Cachicadan	4.0	96.0	0.0	100.0
Quiruvilca	37.9	62.1	0.0	100.0
<i>Promedio x Distrito</i>	36.2	63.8	5.4	94.6
<b>Zona (estratos)</b>				
Baja (<2500nsnm)	76.2	23.8	13.0	87.0
Media (2500-3000)	39.9	60.1	8.9	91.0
Alta (>3000)	22.6	77.4	8.4	91.6
Cajamarca	36.0	64.0	14.6	85.4

No hay información disponible para los distritos de Eduardo Villanueva, José Sabogal, José Manuel Quiroz, Matara y Oxamarca.

Fuente: Elaborado con base al IV Censo Nacional Agropecuario (2012)

Se observa además en el Cuadro 17 que la mayoría de la UA utiliza semillas no certificadas (94.6 por ciento de UA), inclusive si se observa por distrito, La Encañada, Llacanora, Namora, Jesús, Sitacocha, Sanagoran, Curgos, Cachicadan y Quiruvilca, todas las UA utilizan semillas no certificadas (Cuadro 17) (INEI 2021). Además, en el Cuadro 17 se muestra el análisis según la altitud (zonas de la cuenca) y se ve que en la zona baja se siembra principalmente bajo riego (76.2 por ciento de UA), en la zona media aproximadamente el 40 por ciento de las UA también utiliza riego, y en la zona alta se observa una preponderancia de la siembra en secano (78 por ciento de UA).

Según La Encuesta Agropecuaria 2019, el agua para riego procede del río (67.6 por ciento de UA), manantial o puquio (21.3 por ciento), pozo o agua subterránea (0.4 por ciento), reservorio (represa) (0.1 por ciento), pequeño reservorio / embalse de regulación estacional (3.6 por ciento) y otras fuentes (7 por ciento) (INEI 2021). Debido a las condiciones climatológicas de la cuenca, la siembra se realiza en los meses de setiembre a octubre, al inicio de la estación lluviosa, para cosechar en los meses de abril a junio (MINAGRI 2019).

Respecto a la agricultura familiar publicado en CENAGRO (2012), se reportó que el principal sistema de riego utilizados es gravedad (87 por ciento), seguido por riego por aspersión (12.6 por ciento), y el porcentaje restante (0.3 por ciento) corresponde a tierras cuyo sistema de riego es por goteo o exudación (ANA; MINAM 2016). Otro punto importante que también caracteriza a la agricultura familiar en la cuenca Crisnejas es la superficie sin cultivo y que no va a ser trabajada (1 por ciento) y otras razones (3 por ciento) (CENAGRO 2012). Como se observa la falta de agua es la principal limitación que tienen los agricultores y condiciona la decisión de dejar de cultivar sus tierras.

Por otro lado, la agricultura familiar en la cuenca mantiene principalmente cultivos transitorios (51 por ciento): cereales, frutas, hortalizas, leguminosas, tubérculos y raíces, forrajes, agroindustrial y flores. Luego, son importantes los cultivos permanentes (31 por ciento): frutales, industriales, pastos cultivados y cultivos forestales; y en último lugar los cultivos asociados (18 por ciento) (CENAGRO 2012).

La producción agrícola en la cuenca Crisnejas se muestra en el Cuadro 18 según el inventario del IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Según el censo, existe diferencias en la composición de cultivos según la altitud de la cuenca. En el piso altitudinal yunga fluvial (500-2300msnm) que corresponde a la zona baja de la cuenca predominan cultivos permanentes de tipo pastos (rye grass, alfalfa, pasto elefante, pastos, pasto chileno, trébol-

rye grass) y cereales (cultivos transitorios como el maíz, cebada, arroz, trigo y otros). Por el contrario, en la zona media y alta de la cuenca (regiones quechua y suni) predominan los cultivos transitorios como cereales y tubérculos y raíces (principalmente papa, olluco, yuca y otros). En el cuadro 18, también se puede observar que en la zona media y alta se concentra el 76 por ciento de la producción en la cuenca crisnejas.

**Cuadro 18: Grupo de cultivos principales característicos de la agricultura en la cuenca Crisnejas**

Grupo de cultivo	Superficie (ha) Yunga fluvial (500-2300 msnm)	Grupo de cultivo	Superficie(ha) quechua y Suni (2300-4000msnm)
Pastos (P)	5 685	Cereales (T)	14 684
Cereales (T)	5 233	Tubérculos y Raíces (T)	14 102
Frutales (P)	2 370	Pastos Cultivados (P)	13 693
Tubérculos-Raíces (T)	1 808	Leguminosas (T)	2 662
Leguminosas (T)	527	Cultivos Forestales (P)	2 196
Agroindustrial (T)	335	Transitorios (A)	1 439
Industriales (P)	164	Permanentes (A)	706
Permanentes (A)	80	Hortalizas (T)	628
Hortalizas (T)	69	Forrajes (T)	546
Transitorios (A)	66	Frutales (P)	337
Forrajes (T)	31	Industriales (P)	169
Frutas (T)	7	Agroindustrial (T)	132
Cultivos Forestales (P)	1	Flores (T)	8
Agroindustrial (P)	1	Frutas (T)	3
Flores (T)	0	Agroindustrial (P)	0
Total de hectáreas	16 377		51 308
Porcentaje	24		76

Cultivos permanentes (P), transitorios (T) y asociados (A).

Fuente: Elaborado con base al IV Censo Nacional Agropecuario (2012)

**Cuadro 19 : Destino principal de grupos de cultivos en la cuenca Crisnejas**

<b>Piso altitudinal: yunga (500-2300 msnm)</b>					
Grupo de cultivo	Superficie (ha) del destino principal, n (porcentaje)				
	Venta	Auto consumo	Auto insumo	Alimento de animales	Total
Frutales (P)	2233 (94)	139 (6)	0 (0)	4 (0)	2376 (100)
Industriales (P)	181 (97)	7 (3)	0 (0)	0 (0)	187 (100)
Agroindustrial (P)	1 (100)	0 (34)	0 (34)	0 (34)	1 (100)
Pastos Cultivados (P)	166 (3)	0 (0)	8 (0)	5514 (97)	5687 (100)
Forestales (P)	8 (100)	0 (5)	0 (5)	0 (5)	8 (100)
Cereales (T)	5044 (84)	483 (8)	11 (0)	458 (8)	5996 (100)
Frutas (T)	10 (97)	0 (3)	0 (3)	0 (3)	10 (100)
Hortalizas (T)	62 (89)	8 (11)	0 (1)	0 (1)	70 (100)
Leguminosas (T)	485 (92)	44 (8)	1 (0)	0 (0)	529 (100)
Tubérculos (T)	1579 (86)	256 (14)	3 (0)	0 (0)	1838 (100)
Forrajes (T)	2 (5)	0 (1)	0 (1)	30 (95)	32 (100)
Agroindustrial (T)	330 (98)	3 (1)	2 (1)	1 (0)	336 (100)
Transitorios (A)	9 (13)	64 (87)	0 (0)	0 (0)	73 (100)
Permanentes (A)	59 (74)	9 (11)	0 (0)	12 (15)	80 (100)
Total, n (porcentaje)	10168 (59)	1012 (6)	24 (0)	6019 (35)	17223 (100)
<b>Piso altitudinal: quechua &amp; suni (2300-4000 msnm)</b>					
Grupo de cultivo	Venta	Auto consumo	Auto insumo	Alimento de animales	Total
Frutales (P)	315 (89)	37 (10)	0 (0)	3 (1)	355 (100)
Industriales (P)	152 (87)	20 (11)	3 (2)	0 (0)	175 (100)
Agroindustrial (P)	266 (5)	0 (0)	16 (0)	5005 (95)	5287 (100)
Pastos Cultivados (P)	1382 (13)	0 (0)	25 (0)	9602 (87)	11009 (100)
Forestales (P)	3738 (76)	1165 (24)	28 (1)	16 (0)	4947 (100)
Cereales (T)	3973 (29)	8822 (65)	93 (1)	700 (5)	13587 (100)
Frutas (T)	544 (48)	592 (52)	2 (0)	0 (0)	1137 (100)
Hortalizas (T)	2252 (31)	4986 (69)	37 (1)	0 (0)	7275 (100)
Leguminosas (T)	1025 (41)	1153 (46)	15 (1)	332 (13)	2524 (100)
Tubérculos (T)	3686 (30)	8598 (69)	90 (1)	0 (0)	12374 (100)
Forrajes (T)	45 (13)	0 (0)	0 (0)	310 (87)	355 (100)
Agroindustrial (T)	131 (48)	138 (50)	6 (2)	0 (0)	274 (100)
Transitorios (A)	22 (3)	1 (0)	1 (0)	765 (97)	788 (100)
Permanentes (A)	5716 (29)	7868 (40)	68 (0)	6121 (31)	19773 (100)
Total, n (porcentaje)	23245 (29)	33379 (42)	382 (0)	22853 (29)	79859 (100)

Cultivos permanentes (P), transitorios (T) y asociados (A).

Fuente: Elaborado con base al IV Censo Nacional Agropecuario (2012)

**Cuadro 20: Distribución de superficie sembrada en los grupos de cultivos según condiciones de riego y seco**

Grupo de cultivos	Superficie Región yunga (ha)			Superficie Región quechua y suni (ha)		
	Riego	Secano	Total	Riego	Secano	Total
Frutales (P)	2159 (90.9)	216.8 (9.1)	2375.8 (100)	318 (89.4)	37.78 (10.6)	355.47 (100)
Industriales (P)	163.25 (87.2)	24.07 (12.9)	187.31 (100)	47.52 (27.2)	127.22 (72.8)	174.74 (100)
Agroindustrial (P)	0 (0)	1.03 (100)	1.03 (100)	0.38 (95)	0.02 (5)	0.4 (100)
Pastos cultivados (P)	5420 (95.3)	267 (4.7)	5687 (100)	10230 (65.2)	5455 (34.8)	15684 (100)
Cultivos Forestales (P)	1.2 (15.6)	6.5 (84.4)	7.7 (100)	150.82 (6.4)	2215 (93.6)	2366 (100)
Cereales (T)	4975.2 (83)	1020.6 (17)	5996 (100)	3035 (18.2)	13687 (81.8)	16722 (100)
Frutas (T)	10.38 (100)	0 (0)	10.38 (100)	2.72 (99.3)	0.02 (0.7)	2.74 (100)
Hortalizas (T)	67.79 (97.2)	1.93 (2.8)	69.72 (100)	487 (71.8)	191.37 (28.2)	678 (100)
Leguminosas (T)	302.1 (57.1)	227.1 (42.9)	529.16 (100)	427 (12.9)	2878.38 (87.1)	3305 (100)
Tubérculos y Raíces (T)	1169.03 (63.6)	669 (36.4)	1838 (100)	4600 (24.2)	14421 (75.8)	19022 (100)
Forrajes (T)	21.8 (68.1)	10.2 (31.9)	32 (100)	116 (16.3)	593 (83.7)	708.5 (100)
Agroindustrial (T)	332 (98.8)	3.9 (1.2)	336 (100)	90 (66.2)	46 (33.8)	136 (100)
Flores (T)	17.8 (24.2)	56 (75.8)	73 (100)	6.2 (73.1)	2 (26.9)	8.5 (100)
Transitorios (A)	73.4 (91.9)	6.5 (8.1)	80 (100)	238 (14.2)	1443 (85.8)	1682 (100)
Permanentes (A)				685 (46.4)	790 (53.6)	1475 (100)
Total	14713 (85.4)	2510 (14.6)	17223 (100)	2043 (32.8)	41888 (67.2)	62320 (100)

Cultivos permanentes (P), transitorios (T) y asociados (A).

Fuente: Elaborado con base al IV Censo Nacional Agropecuario (2012)

Adicionalmente, la estructura también varía de acuerdo con la altitud respecto al destino de la mayor parte de la producción de las unidades agropecuarias en la cuenca. En el Cuadro 19 se observa que en la zona baja de la cuenca (región yunga) predomina la venta de la producción, en promedio el 59 por ciento de la producción de destina a la venta, con excepción de pastos cultivados (P) y forrajes (T). En la zona media y alta de la cuenca (región quechua y suni) ocurre algo contrario, el principal destino de la producción es el autoconsumo (42 por ciento del total), resaltando una tendencia mayor en los grupos de

cultivos: cereales (65 por ciento), frutas (52 por ciento, hortalizas (69 por ciento), tubérculos (69).

El cuadro 20 muestra la variación de superficie de cultivos (hectáreas) que se sembró en condiciones de riego y secano. En la zona baja de la cuenca predomina la siembra con riego, el 85 por ciento de la superficie cultivada esta irrigada (región yunga). Sin embargo, ocurre algo totalmente opuesto en la zona media y alta de la cuenca (región quechua y suni), predominan los cultivos en secano (67.2 por ciento de la superficie). Se puede observar que cultivos como hortalizas (cultivos transitorios) y frutales (cultivos permanentes) permanecen principalmente bajo riego en las diferentes zonas de la cuenca.

Por otro lado, en el Cuadro 21 observamos la distribución de los cultivos sembrados de acuerdo con el destino (venta, autoconsumo familiar y auto insumo). Podemos observar que la papa blanca, a pesar de tener la mayor superficie cultivada en la cuenca, su destino principal es el autoconsumo y el principal cultivo destinado a la venta, en términos de superficie sembrada, es el maíz amarillo duro. El rye grass junto a pastos y alfalfa son los principales cultivos para alimento de animales en la cuenca. Es importante resaltar la importancia del maíz amarillo como alimento de animales también (Cuadro 21).

Además de esta diversidad de especies, en la cuenca crisnejas existe una importante diversidad intraespecífica. La más importante diversidad tiene que ver con el cultivo de papa, las cuales los agricultores mantienen más de 100 variedades. Estas variedades pueden agruparse como variedades nativas (Cosmopolitan, locales) y variedades provenientes de programas de mejoramiento.

Una variedad cosmopolita es aquella que está comúnmente disponible en el mercado, tiene una alta demanda y es conocida en el centro-norte del Perú e incluso en todo el Perú. Las variedades de este grupo son Huagalina (amarilla del norte), Huamantanga, Huevo de Indio, Bretaña, Peruanita, Tumbay y Huayro. Las variedades conocidas como “locales” son de uso principal en la cocina campesina. Tenemos variedades como Canasta, Fajeada, Alcona, Algodona, Huaytaya, Chaucha Limeña, Tacmara, Julcanera, Condorita, Amapola. De acuerdo con la información de las agencias agrarias de la cuenca Crisnejas, las papas nativas de producen en baja cantidad y principalmente en la zona alta de la cuenca (0.2**por ciento**, Cuadro 22).

**Cuadro 21: Destino de los cultivos principales característicos de la agricultura familiar en la cuenca Crisnejas en el año 2012**

Venta		Autoconsumo (alimento familiar)		Auto insumo & alimento de animales	
Cultivo	Ha	Cultivo	Ha	Cultivo	Ha
Maíz amarillo duro	18 059	Papa blanca	21 153	Rye grass	10 651
Papa blanca	11 619	Maíz amiláceo	15 812	Maíz amarillo duro	10 043
Caña de azúcar para azúcar	8 154	Maíz choclo	6 068	Alfalfa	4 878
Maíz amiláceo	2 755	Trigo	5 666	Pastos ( <i>elefante, grama chilena, Angleton, gramalote, braquearia</i> )	4 073
Papa amarilla	2 727	Maíz-Frijol	5 161	Trébol-Rye grass	1 541
Vergel frutícola	2 696	Papa amarilla	3 882	Avena forrajera	884
Palto	2 539	Yuca	3 802	Caña de azúcar para fruta	640
Eucalipto	2 408	Oca	3 558	Trébol	551
Frijol	2 225	Arveja	3 141	Pasto chileno	492
Alfalfa	2 182	Cebada grano	2 368	Maíz chala	405
Yuca	2 152	Olluco	2 116	Papa blanca	274
Arveja	2 148	Frijol	1 701	Pasto brizanta	181
Vid	1 624	Papa nativa	1 458	Maíz amiláceo	127
Caña de azúcar para alcohol	1501	Haba	1 458	Eucalipto	79
Trigo	1488	Plátano	791	Centeno forrajero	73
Maíz choclo	1385	Camote	755	Sorgo forrajero	70
Cacao	1099	Arroz	641	Trébol-Dactylis	64
Maíz chala	1006	Vergel frutícola	634	Cebada forrajera	64
Plátano	951	Arracacha	621	Heno	60
Piña	925	Tarhui	589	Maíz choclo	55
Caña de azúcar para fruta	915	Avena grano	525	Trigo	51
Alcachofa	898	Lenteja	514	Yuca	41
Cebada grano	895	Pituca	503	Arveja	37
Tarhui	794	Café	436	Alfalfa-Rye grass	28
Coca	736	Haba-Maíz	319	Pino	26
Maíz morado	718	Vergel hortícola	292	Caña de azúcar	26
Olluco	661	Maíz amiláceo- Ñuña	258	Café	25
Tara	599	Oca-Olluco	236	Plátano	24
Haba	546	Café-Yuca	185	Palto-Alfalfa	24
Rye grass	544	Papa huayro	167	Heno-Rye gras	14
Maíz-Frijol	534	Maíz-Papa	160	Alfalfa-Trebol	14
Oca	486	Zarandaja	135	Heno-Trebol	12
Lenteja	484	Palto	121	Vergel Fruticola	7
Lima	477	Yuca-Frijol	99	-	-

La categoría “auto insumo” incluye la producción destinada para alimento de animales.

Fuente: Elaborado con base al IV Censo Nacional Agropecuario (2012)

El tercer grupo comprende variedades que han surgido de programas de mejoramiento y se utilizan tanto para comercialización local y nacional como para el autoconsumo familiar. Las características más importantes es que estas variedades pueden resistir enfermedades, tienen calidad óptima de procesamiento en la cocina y se siembran en áreas más extensas que los otros grupos de variedades de papas. Comúnmente son más conocidas Canchán, Yungay, Amaryllis, Única, Perricholi, Serranita y Poderosa. Estas variedades se producen a lo largo de la cuenca, pero la producción es mayor en la zona alta, tal como se observa en el Cuadro 22.

El maíz es también un cultivo de importancia en la cuenca. Según el mapa actualizado de razas de maíz del Perú (Ministerio del Ambiente 2016), en la provincia Cajamarca se cultivan 13 variedades de maíz entre: Ancashino, Confite Puntigudo, Cubano Amarillo, Cuzco, Cuzco Gigante, Jora, Kculli, Morocho, Morocho Cajabambino, Rienda, Sabanero y Shajatu.

En la libertad están presentes 16 variedades de maíz: Alazan, Ancashino, Arizona, Colorado, Confite Puntigudo, Kculli, Marañón, Morocho, Mochero, Pagaladroga, Pardo, Perla, Rienda, Sabanero y Shajatu (Ministerio del Ambiente 2016). Las provincias con más de 10 variedades en la cuenca comprenden los límites de la Libertad con Cajamarca, específicamente las provincias de Cajabamba y Sanches Carrión.

Según la información que registra las agencias agrarias de la cuenca, los grupos de variedades de maíz pueden agruparse en maíz amarillo duro, amiláceo, chala, morado y maíz choclo (Cuadro 22). La variedad “morocho” es una variedad de maíz amiláceo de amplia adaptación a las condiciones de la sierra norte del Perú, tal como se observa en el Cuadro 22, se produce a lo largo de las diferentes zonas de la cuenca. Al igual que la papa, la mayor producción de las variedades de maíz se concentran en la zona alta de la cuenca (Cuadro 22).

Según la información de CENAGRO (2012), en la cuenca el 25 por ciento de la crianza de animales corresponde a pollos, gallinas y gallos (n=73 814 cabezas), seguido por corderos (45 232 cabezas, 16 por ciento), vacas, terneros (as), vaquillas y vaquillonas (n=39 589, 14 por ciento), cuyes (n= 35 230 cabezas, 12.1 por ciento), y toros y toretes (n=21 189, 7 por ciento) lo que hace un total de 74 por ciento de la crianza de animales. Otros animales están representados por lechones y verracos, caballos, burros mulas, patos, cabras y pavos.



**Cuadro 22: Clasificación de grupos de variedades de los cultivos más importantes en la cuenca Crisnejas por zonas**

Cosecha del cultivo (2012-2019)	Zona baja toneladas (porcentaje)	Zona media toneladas (porcentaje)	Zona alta toneladas (porcentaje)
<b>Grupos de papa</b>			
Mejoradas	2058 (100.0)	22289 (100.0)	66470.8 (99.8)
Nativas	-	-	124 (0.2)
<b>Grupos de maíz</b>			
Amarillo duro	2616 (43.6)	3203 (8.8)	1351 (2.7)
Amiláceo	2704 (45.1)	22765 (62.4)	42933 (86.6)
Chala	-	-	0.3 (0.001)
Choclo	-	9383 (25.7)	4862.5 (9.8)
Morado	678 (11.3)	1157 (3.2)	430 (0.9)

Tasa (porcentaje), representa tasa de crecimiento de producción anual promedio de los últimos años.

Fuente: Elaborado con base reportes de campañas agrícolas 2012-2019 de Agencias agrarias de Cajamarca, Cajabamba, San Marcos, Sánchez Carrión y Santiago de Chuco

Por otro lado, la mayor parte de las UA familiares destinan la mayor parte de su producción su producción al autoconsumo (60.5 por ciento de las UA familiares), venta (20.3 por ciento) y como alimento para animales (19.2 por ciento) (ANA; MINAM 2016). Esta información tiene relación con el total de hectáreas sembradas por las UA, la mayor superficie cultivada está destinada para autoconsumo (24 079 ha, 43.5 por ciento), la cantidad de hectáreas sembradas principalmente para venta es 15 702 ha (28.4 por ciento) y alimento para animales (15 536 ha, 28.4 por ciento) (CENAGRO 2012). De acuerdo el Cuadro 2 descrito en capítulos anteriores, la orientación principal de las UA al autoconsumo pertenece al segmento de agricultura de subsistencia, caracterizada además por tener recursos productivos e ingresos insuficientes para garantizar la reproducción familiar, lo que lo induce hacia la asalarización, cambio de actividades o migración mientras no varíe su acceso a activos.

**Cuadro 23: Resumen de cosechas de las campañas agrícolas entre 2012 y 2019**

Cultivo	Suma total de las cosechas de c/año campaña (hectáreas = ha)								Tasa (porcentaje)
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Trigo	16 608	18 455	16 833	15 023	17 130	17 897	16 933	17 421	0.3
Rye grass	15 127	15 127	15 132	15 132	14609	15 123	15 127	15 309	0.2
Papa blanca	8 207	12 649	11 911	12 066	11 956	10 536	11 244	12 249	4.3
Cebada	7 368	9 445	9 690	9 062	9 165	8 820	9 401	10 972	5.0
Maíz amiláceo	8 305	9 721	9 707	7 312	8 152	7 497	8 566	9 142	0.3
Arveja	4 278	4 600	4 552	4 366	4 283	4 272	4 631	4 482	0.6
Haba	2 321	3 016	3 147	2 684	2 980	2 969	2 890	3 093	3.3
Alfalfa	2 492	2 566	2 537	2 526	2 263	2 242	2 270	2 269	-1.4
Frijol	1 959	2 492	2 124	1 528	1 861	1 358	1 907	1 728	-5.1
Maíz choclo	1 686	2 021	1 917	1 884	1 913	1 267	1 962	1 596	-3.9
Lenteja	1 805	2 061	1 411	1 193	1 276	1 244	1 408	1 470	-4.6
Chocho o tarhui	668	954	1 075	1 020	1 144	1 119	1 297	1 445	9.8
Quinua	271	593	908	1 213	1 569	1 284	1 234	1 276	16.3
Maíz amarillo	614	1 013	1 185	710	1 100	675	933	940	-1.7
Olluco	852	985	1 190	916	1 057	835	1 100	831	-3.0
Oca	772	601	586	501	678	668	837	773	-1.6
Avena forrajera	2 257	552	716	572	521	818	966	743	-42.8
ajo	558	617	611	539	522	505	569	670	2.1
Ñuña	380	740	597	464	513	452	542	570	1.9
Caña de azúcar	671	671	655	655	570	568	568	568	-2.5
Maíz morado	170	219	184	103	248	381	411	549	7.2
Zanahoria	197	431	339	354	371	368	398	346	4.0
Linaza	503	427	379	139	207	227	248	284	-20.0
Tara	241	241	244	244	254	243	255	278	1.9
Palto	175	173	173	182	155	156	156	157	-1.8
Cebolla	141	21	22	83	95	109	123	127	-65.6
Camote	44	29	47	94	112	102	133	102	5.1
Trébol	96	96	96	96	79	79	79	79	-3.1
Col o repollo	108	54	56	49	48	49	47	46	-16.8
Achita, kiwicha	55	46	45	38	38	37	39	37	-6.2
Naranja	36	36	36	36	36	36	36	36	0.0
Plátano	32	32	32	28	28	28	28	31	-0.5
Tuna	54	54	54	54	54	54	22	27	-18.1
Rábano	203	25	23	23	23	24	23	24	-101.5
Lima	16	16	16	19	24	24	14	24	0.7

Tasa (porcentaje), representa tasa de crecimiento de producción anual promedio de los últimos años.

Fuente: Elaborado con base reportes de campañas agrícolas 2012-2019 de Agencias agrarias de Cajamarca, Cajabamba, San Marcos, Sánchez Carrión y Santiago de Chuco

**Cuadro 24: Indicadores económicos de la producción agrícola de los principales cultivos en la cuenca Crisnejas entre las campañas de 2012 al 2019**

Cultivo	Cosechas 2012-2019 (hectárea)	Tasa anual cosechas (porcentaje)	Producción 2012-2019 (toneladas)	Tasa anual producción (porcentaje)	Rendimiento (t/ha)	Precio (soles/kg)	Ingreso Total ( x 10 <sup>3</sup> , S/)
Papa blanca	11352	4.3	163141	5.4	14.4	1	163141
Rye grass	15086	0.2	672700	0.6	44.6	0.1	67270
Trigo	17037	0.3	18267	0.8	1.1	1.8	32881
Ajo	574	2.1	4272	1.2	7.4	7.5	32040
Alfalfa	2395	-1.4	143194	-2.2	59.8	0.2	28639
Maíz amiláceo	8550	0.3	8280	3.2	1	2.6	21528
Cebada grano	9240	5	10836	7.2	1.2	1.4	15170
Maíz amarillo	896	-1.7	4132	32.2	4.6	2.7	11156
Maíz choclo	1781	-3.9	8379	1.4	4.7	1.3	10893
Arveja	4433	0.6	6243	0.0	1.4	1.1	6867
Haba	2888	3.3	3845	4.6	1.3	1.7	6537
Zanahoria	350	4	6511	1.6	18.6	1	6511
Chocho/tarhui	1090	9.8	1247	8.0	1.1	5.2	6484
Quinoa	1043	16.3	1219	35.7	1.2	4.7	5729
Palto	166	-1.8	2806	-2.3	16.9	2	5612
Frijol	1869	-5.1	2079	6.6	1.1	2.6	5405
Lenteja grano	1484	-4.6	1251	-3.3	0.8	3.9	4879
Caña de azúcar	616	-2.5	45983	-4.9	74.7	0.1	4598
Olluco	971	-3	4133	3.4	4.3	0.9	3720
Tara	250	1.9	896	0.7	3.6	3.3	2957
Ñuña	532	1.9	456	5.8	0.9	5.7	2599
Oca	677	-1.6	3249	4.2	4.8	0.8	2599
Avena forrajera	893	-42.8	8453	9.0	9.5	0.3	2536
Maíz morado	283	7.2	1301	25.4	4.6	1.6	2082
Cebolla	90	-65.6	1189	47.5	13.2	1.2	1427
Linaza	302	-20	259	-1.6	0.9	5.4	1399
Trébol	88	-3.1	3584	-4.7	41	0.3	1075
Yuca	80	-57.4	670	-4.0	8.3	1.1	737
Col o repollo	57	-16.8	734	0.8	12.9	0.9	661
Camote	83	5.1	548	10.9	6.6	1	548
Arroz	75	-67.9	345.5	-27.3	4.6	1.3	449
Lechuga	29	-39.9	315	0.9	10.9	1.2	378
Tuna	47	-18.1	357	-13.5	7.7	1	357
Rábano	46	-101.5	287	0.3	6.2	0.9	258
Naranja	36	0	211	-10.6	5.9	1	211
Papaya	44	-92.1	172	-23.8	3.9	1.1	189
Lima	19	0.7	163	17.9	8.6	1	163

Tasa (porcentaje), representa tasa de crecimiento de producción anual promedio de los últimos años. Precio representa el promedio anual (S/Kg).

Fuente: Elaborado con base al registro de campañas agrícolas entre 2012-2019 de Agencias agrarias de Cajamarca, Cajabamba, San Marcos, Sánchez Carrión y Santiago de Chuco

Información sobre cosechas de cultivos en la cuenca (hectáreas) y producción (toneladas o kg) en los últimos años viene siendo obtenido por las Agencias Agrarias a nivel distrital a lo largo de la cuenca Crisnejas, las cuales reportan la información a las agencias regionales de Cajamarca y La Libertad.

En el Cuadro 24 se muestran un resumen de la información que reportan las agencias al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MIDAGRI en Perú entre las campañas agrícolas del año 2012 al 2019. Se observa que el trigo es el cultivo de mayor importancia en cuanto a cosechas (hectáreas), la papa, cebada y maíz también ocupan los primeros lugares; y los pastos como rye grass y alfalfa tienen una extensión tan importante como el trigo, mostrando a la vez la importancia de la ganadería en la cuenca. La información de tasa de crecimiento promedio de las cosechas (porcentaje) muestra que en la cuenca hay cultivos estables en el tiempo como rye grass, maíz amiláceo y arveja, otros cultivos tienen una tasa de crecimiento positiva en crecimiento como papa blanca, cebada, haba, maíz morado, zanahoria y camote. Sin embargo, también se presentan cultivos en decrecimiento, con una tasa negativa en este periodo como la alfalfa, frijol, lenteja, avena forrajera, linaza, cebolla y otros.

Esta variación histórica de cosechas (hectáreas) y producción (toneladas) está correlacionado al ingreso total que tiene cada cultivo (Cuadro 24). La correlación binaria entre las hectáreas cosechadas y el ingreso es positiva ( $IC= 0.6591$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ ). También, está presente una correlación positiva entre ingreso y la producción en toneladas ( $IC=0.5414$ ,  $p\text{-value} = 0.0003$ ). Además, se observa que el trigo es el principal cultivo en la cuenca en cantidad de hectáreas cosechadas (Cuadro 23); sin embargo, el cultivo de papa blanca es el principal en términos de ingreso total (Cuadro 24). Además, se resalta la importancia en cuanto a producción del rye grass (mayor producción en la cuenca) pero su ingreso es menor al de papa blanca. Los cultivos con mayor ingreso (papa blanca, cebada, haba, maíz morado, zanahoria, camote, ajo y otros) son cultivos de pan llevar (ciclos cortos de maduración) que muestran una tasa de crecimiento positiva en términos de cosechas en hectáreas (Cuadro 23) y producción en toneladas (Cuadro 24). El cultivo de ajo se encuentra en el 4to lugar en términos de ingreso a pesar de que no se encuentra entre los 10 primeros en cuanto a cosechas y producción, esto es debido a su excelente precio de mercado.

Respecto al conocimiento de la agricultura familiar en la cuenca, la principal actividad en la lista de buenas prácticas es el de abono orgánico como guano y estiércol de animales (75.2 por ciento). Otras prácticas como uso de insecticidas biológicos (2.9 por ciento), semillas

certificadas (5 por ciento), control biológico (3.6 por ciento) y certificación orgánica (0.11 por ciento) son menos frecuentes (2.9 – 5 por ciento) (CENAGRO 2012). Las prácticas agrícolas utilizadas en la cuenca son la rotación de cultivos (51.7 por ciento de UA), uso de abonos (73.3 por ciento); se aplican en más del 50 por ciento de las UA en la cuenca (Cuadro 25).

**Cuadro 25: Prácticas agrícolas utilizadas por las UA en la cuenca Crisnejas**

Estrato	Rotación de cultivos (porcentaje)	Determinar la cantidad de agua de cultivos (porcentaje)	Uso de abonos (porcentaje porcentaje)	Uso de fertilizantes (porcentaje)	uso de plaguicidas (porcentaje)
Zona Baja	61.9	-	85.7	54.8	40.5
Zona Media	54.8	75.0	70.8	42.4	39.1
Zona Alta sin Cajamarca (*)	69.6	6.1	71.9	52.7	47.3
Cajamarca	20.6	-	64.7	5.9	14.7
Promedio ( $\bar{x}$ )	51.7	40.6	73.3	38.9	35.4

(-): No hay información en las bases de datos consultadas. (\*) Datos sobre la zona alta de la cuenca excluyendo información del distrito de Cajamarca.

Fuente: Elaborado con base a la Encuesta Nacional Agropecuaria (2019)

Como se puede apreciar en la cuenca Crisnejas la minería, el sector agropecuario y los servicios son las actividades económicas que aportan con más del 80 por ciento del PBI regional (MINAGRI 2019). Las cifras a nivel nacional en la última década demuestran que esta cuenca concentra la producción de oro, sin embargo, la mayor parte de la población es pobre o pobre extremo; a tal punto que algunos distritos de la cuenca están incluidos en la lista de los 20 distritos más pobres del Perú. Según Neyra Chavez (2018), la situación entre la evidencia señala que la presencia de la minería, entre 2004 y 2010 no habría contribuido con la reducción de la pobreza y existe una relación negativa entre ambos. Por otro lado, según este mismo estudio estadísticamente se encontró una mayor importancia de la educación y de la agricultura ya que estarían reduciendo el nivel de pobreza en la cuenca. La corrupción y los conflictos sociales relacionados a la minera reducen el bienestar social y pueden ser los responsables del aumento de pobreza en estas regiones mineras (Neyra Chavez 2018).

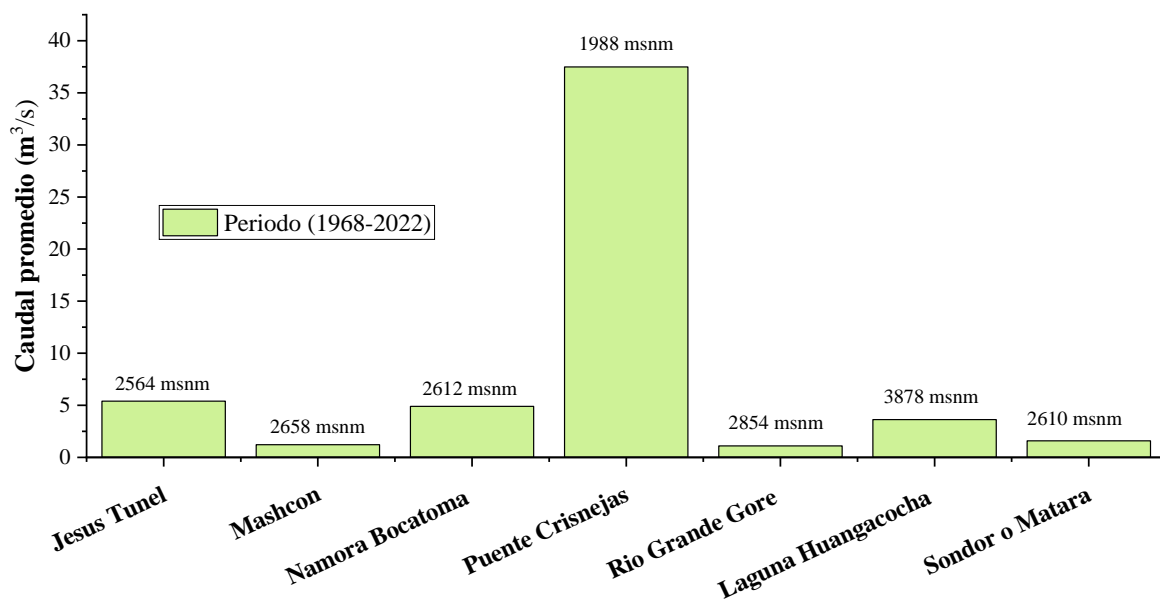
Los datos sobre el uso de la tierra en la cuenca muestran que la mayor parte corresponde a superficie agrícola con y sin cultivos en el año del censo 2012 (53.2 por ciento), pastos naturales manejados y no manejados comprende el 27.2 por ciento, montes y bosques el 8.1 por ciento y superficie dedicada a otros usos comprende el 8.1 por ciento (CENAGRO 2012).

El uso agrícola comprende tierras sembradas (49.4 por ciento, 26 063 has), en barbecho (41.8 por ciento, 22 061 has), en descanso y tierras agrícolas no trabajadas (8.8 por ciento, 4 642 has). De esto podemos observar que el 92.2 por ciento (48 124 has) de la tierra para uso agrícola es superficie cultivada por las unidades agropecuarias en la cuenca, y por lo mismo, hay un aproximado del 8.8 por ciento de tierras que no están en uso (CENAGRO 2012).

d. Oferta y demanda de recursos hídricos

Respecto a la medición de oferta de recursos hídricos en cuenca Crisnejas se tienen siete estaciones hidrométricas (hidrometría) y 18 estaciones meteorológicas (pluviometría).

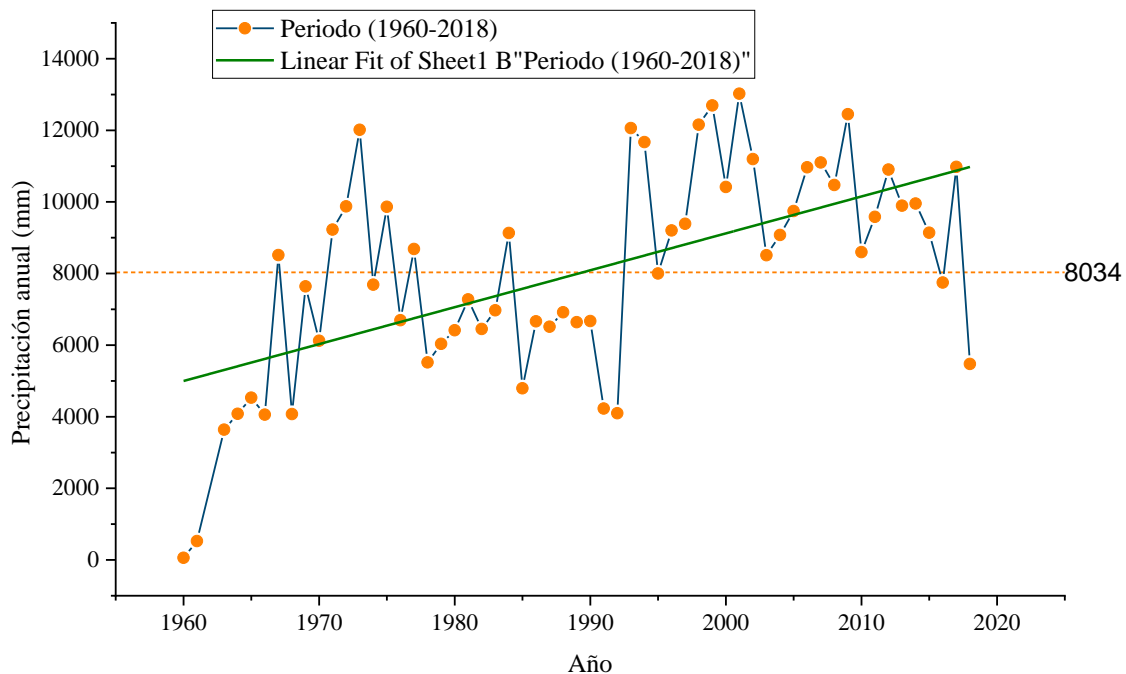
Las estaciones hidrométricas se ubican en diferentes zonas de la cuenca y pueden ser de convencional o automático: Jesús Túnel (2564 msnm, convencional, fuente es río Cajamarquino), Mashcon (2658 msnm, convencional, río Mashcon), Namora Bocatoma (2612 msnm, convencional, río Namora), Puente Crisnejas (1988 msnm, convencional, Río Crisnejas), Rio Grande Gore (2854 msnm, automática, Río Grande), Laguna Huangacocha (3878 msnm, convencional) y Sondor - Matara (2610 msnm, convencional). La estación crisnejas se ubica a menor altitud, por ello registro históricamente el mayor caudal entre 1968-2022 (37.5 m<sup>3</sup>/s) con un mínimo de 0.01 m<sup>3</sup>/s y un caudal máximo de 380.5 m<sup>3</sup>/s. El promedio global histórico de caudal registrado en la cuenca fue de 6.3 m<sup>3</sup>/s (Figura 4). Las otras estaciones hidrométricas registraron valores de caudal entre 5.4 m<sup>3</sup>/s y 1.1 m<sup>3</sup>/s.



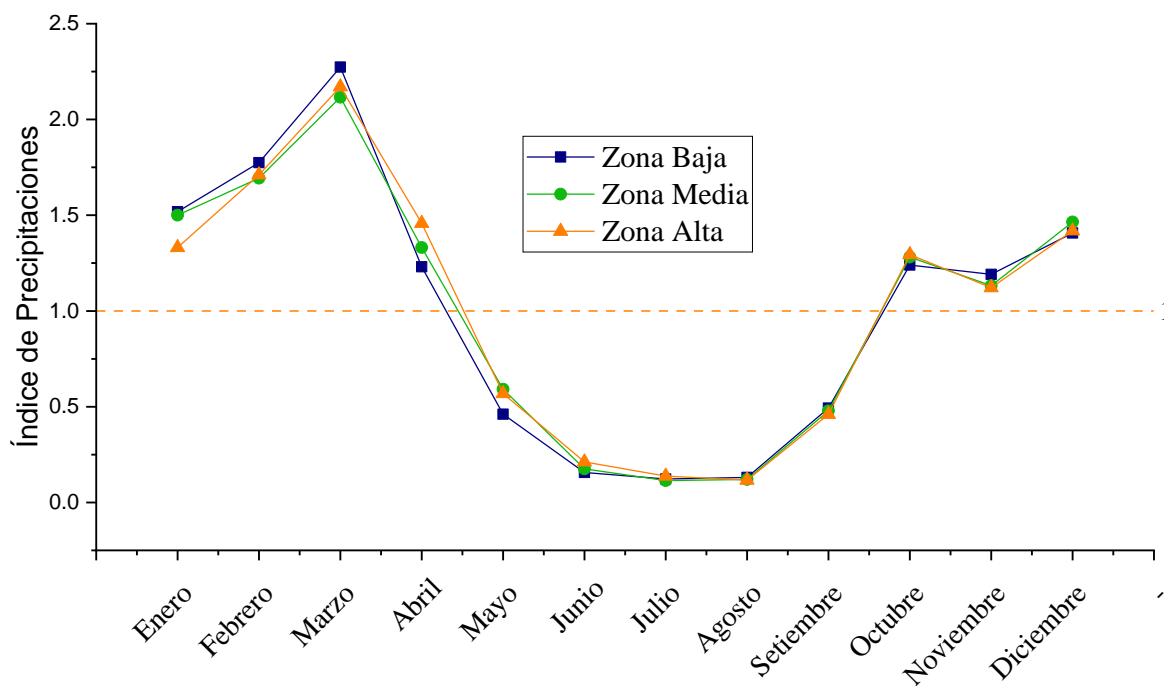
**Figura 4: Datos de caudal promedio histórico (m<sup>3</sup>/s) de las estaciones hidrométricas en la cuenca Crisnejas**

Sobre datos de pluviometría, las 18 estaciones meteorológicas registraron datos de precipitaciones entre 1960-2018 con total de precipitaciones anual promedio histórico de 8 034.9 mm, valores mínimos anuales de 58.5 mm y máximos de 13 024 mm (Figura 5). En las últimas dos décadas los valores de precipitación anual estuvieron por encima de la media global histórica. Los datos de coeficiente de variación muestran además que en las dos últimas décadas las precipitaciones tuvieron una dispersión mayor al 115 por ciento, dato que en años anteriores se mantuvo en promedio en un 90 por ciento.

Información adicional sobre precipitaciones en la cuenca se muestra en la Figura 6 y 7. De los datos recopilados en las estaciones de control hidrométrico se puede extraer que la precipitación total promedio (mm/mes) presenta meses claramente lluviosos de octubre a abril, 2 meses de precipitación significativa que son febrero y marzo con tasas de hasta el doble del promedio anual y meses secos, desde mayo a septiembre. Marzo es el mes más lluvioso con precipitaciones que superan el doble del promedio anual de precipitaciones (Figura 6). Las zona baja, media y alta de la cuenca presenta similar patrón de precipitación mensual.



**Figura 5: Registro de precipitaciones anuales de las estaciones meteorológicas de la cuenca Crisnejas entre el periodo 1960 y 2018. línea de color verde representa la tendencia lineal de los datos.**



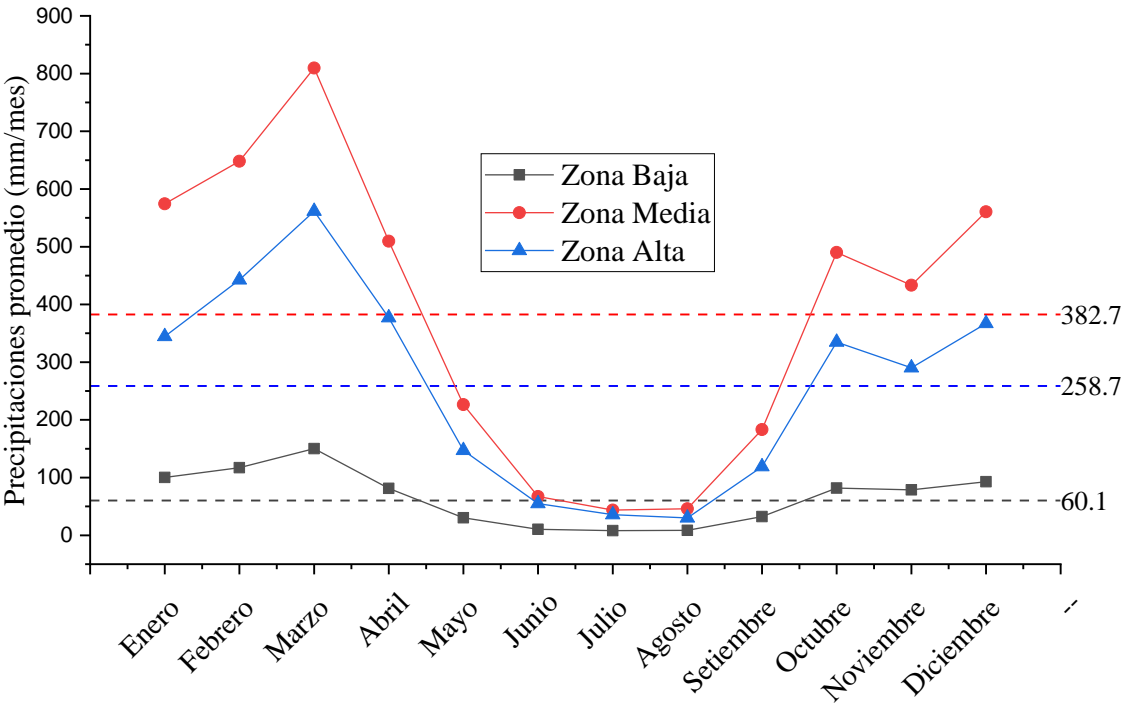
**Figura 6: Índice de precipitaciones mensual histórico (1960-2018) en las 3 zonas de la cuenca Crisnejas. Zona media (<2500 msnm), zona media (2500-3000 msnm) y zona alta (3000-3500msnm)**

En la Figura 7 se observa las diferencias en términos de precipitación total mensual promedio en las zonas de la cuenca. La zona baja (<2500 msnm) presenta precipitaciones en promedio de 60.1 mm/mes. La zona media presenta un mayor nivel de precipitaciones promedio por mes (382.7 mm/mes) comparado con la zona alta (258.7 mm/mes). Los meses lluviosos en la zona media (2500-3000 msnm) presentan un nivel de precipitaciones mayor a las otras zonas de la cuenca. Por ejemplo, en marzo en la zona media se supera los 800mm de precipitación, por el contrario, en la zona alta el promedio de precipitación histórico es de 550mm (Figura 7).

Respecto a la demanda de agua en cuenca, existen derechos de uso de agua inscritos en el Registro Administrativo de Derechos de uso de Agua – RADA, los cuales son en total 2 555, de los cuales la mayor cantidad de derechos se otorgaron para el uso agrario (1 623) y la menor cantidad en el uso Pecuario (1 derecho). Cabe resaltar que estos derechos de uso son otorgados por la Autoridad Nacional del Agua, por lo que existen fuentes de agua que aún no cuentan con un derecho de uso de agua y de las cuales esta autoridad local aún no tiene información. La información presente en las licencias de uso de agua superficial para uso



productivo agrario son volumen máximo anual (hectómetro cúbico,  $\text{hm}^3$ ) y área bajo riego (hectáreas) (Cuadro 26).



**Figura 7: Distribución mensual de la precipitación promedio en las zonas de la cuenca Crisnejas en el periodo 1960-2018. Zona media (<2500 msnm), zona media (2500-3000 msnm) y zona alta (3000-3500msnm)**

El Cuadro 26 muestra que existe una demanda variable de agua por hectárea en cada distrito. Los distritos que demandan una mayor cantidad de agua por área irrigada son Eduardo Villanueva ( $11.5 \text{ hm}^3/\text{ha}$ ), Pedro Gálvez ( $11.2 \text{ hm}^3/\text{ha}$ ) y Matara ( $9.6 \text{ hm}^3/\text{ha}$ ). Por el contrario, distritos como Huamachuco (zona alta de la cuenca) requiere un menor volumen de agua por área bajo riego ( $11.5 \text{ hm}^3/\text{ha}$ ). Estas diferencias tienen que ver directamente con el tipo de cultivos que se siembra en la zona que a su vez tiene relación directa con las condiciones de riego/secano de la zona de la cuenca, tal como se observó en el Cuadro 20. Es decir, determinados cultivos requieren mayor o menor cantidad de agua bajo riego.

**Cuadro 26: Recursos hídricos para uso productivo agrario en derechos de uso de agua en la cuenca Crisnejas**

DISTRITO	Volumen total anual (hm <sup>3</sup> )	Área total bajo riego (ha)	Volumen x área bajo riego (hm <sup>3</sup> /ha)
Eduardo Villanueva	6343	554	11.5
Pedro Gálvez	11100	991	11.2
Matara	1723	180	9.6
Namora	3876	432	9.0
Gregorio Pita	1925	215	9.0
Jesús	3291	375	8.8
Condebamba	25900	3139	8.3
Cachachi	26200	3180	8.2
Encañada	40000	4969	8.0
Cachicadan	295	37	8.0
Ichocan	143	18	7.9
Jose Manuel Quiroz	1143	153	7.5
Cajabamba	12600	1689	7.5
Sitacocha	3389	487	7.0
José Sabogal	2102	353	6.0
Los Baños Del Inca	5697	1009	5.6
Sanagoran	4157	784	5.3
Marcabal	3317	650	5.1
Cajamarca	4691	965	4.9
Chancay	416	88	4.7
Llacanora	503	111	4.5
Quiruvilca	795	175	4.5
Huamachuco	9555	2362	4.0

### 3.3.3. Población de estudio

De acuerdo con la estructura del sector agropecuario en el Perú, la unidad de análisis fue una unidad agropecuaria (UA), la cual es administrada por el productor agropecuario. Según el Censo Nacional Agropecuario 2012, la UA esta referido al terreno o conjunto de terrenos utilizados, total o parcialmente, para la producción agropecuaria conducidos como una unidad económica, por un productor/a agropecuario/a, sin considerar el tamaño, régimen de tenencia ni condición jurídica (CENAGRO 2012).

Así mismo, de acuerdo con el CENAGRO (2012), se registraron 89 641 unidades agropecuarias (UA) en la cuenca “Crisnejas”. La mayor parte de las UA son unidades familiares o también llamados pequeños agricultores (con parcelas de hasta 10 hectáreas)

que comprenden un total de 86 530 UA (96.5 por ciento); los cuales además de acuerdo con el Plan Nacional de Agricultura Familiar 2019-2021 se pueden clasificar en: UA familiares de subsistencia (crítica y no crítica), intermedia (con menor y mayor potencial) y Agricultura familiar consolidada (MINAGRI 2019). Existen 3 111 UA con un tamaño mayor de 10 hectáreas (3.5 por ciento) que se excluye del grupo de UA familiares o pequeños agricultores.

**Cuadro 27: Distribución de unidades agropecuarias (UA) de pequeños agricultores en la cuenca “Crisnejas”.**

Provincia	Distrito	Cuenca baja (<2500msnm)	Cuenca media	Cuenca alta (>3000msnm)	Total
Cajabamba	Cachachi	2616	1859	2811	7286
	Cajabamba	683	3196	813	4692
	Condebamba	1782	2288	725	4795
	Sitacocha	588	246	599	1433
Cajamarca	Cajamarca	0	4893	6156	11049
	Encañada	0	352	8814	9166
	Jesús	0	2730	1389	4119
	Llacanora	0	3799	5192	8991
	Baños del Inca	0	1784	560	2344
	Matara	0	1286	0	1286
	Namora	0	1186	1219	2405
Celendín	Oxamarca	0	0	281	281
San Marcos	Eduardo Villanueva	574	0	0	574
	Gregorio pita	0	1184	1591	2775
	Ichocan	473	1208	356	2037
	Jose Manuel Q.	22	1258	1904	3184
	Jose sabogal	242	169	1336	1747
	Pedro Gálvez	2020	2103	840	4963
	San marcos	0	1405	439	1844
Sánchez Carrión	Curgos	0	0	145	145
	Huamachuco	37	1814	4627	6478
	Marcabal	55	423	1284	1762
Santiago de Chuco	Sanagoran	52	861	2019	2932
	Cachicadan	0	0	134	134
	Quiruvilca	0	0	108	108
Total		9 144	34 044	43 342	86 530

Fuente: Elaborado con base a la CENAGRO (2012)

Por consiguiente, la población de estudio se encuentra conformada por 86 530 UA familiares de la cuenca Crisnejas. El 50.1 por ciento (43 342 UA) se encuentran en la cuenca alta, el 39.3 por ciento (34 044 UA) en la cuenca media y en la zona baja se encuentran el 10.6 por ciento (9 144 UA) según el CENAGRO (2012).

En el Cuadro 27 se muestra la distribución de las UA clasificado por provincias y distritos. De total de 25 distritos presentes en la cuenca Crisnejas, los distritos con mayor número de UA son Cajamarca (11 049 unidades agropecuarias), La Encañada (9 166 UA) y Llacanora (8 991 UA) (Cuadro 27) tomando como referencia la información Censo Nacional Agropecuario 2012 (CENAGRO 2012). Los distritos de Quiruvilca en la provincia de Santiago de Chuco (108 UA) y Oxamarca en la provincia de Celendín (281 UA) se encuentran en los límites geográficos de la cuenca Crisnejas, ocupando una pequeña área geográfica, poseen los menores valores de UA junto con los distritos de Curgos y Cachicadan (Cuadro 1 y Cuadro 27).

### 3.3.4. Cálculo del tamaño muestral

Se realizó un cálculo de tamaño muestral estratificado. Los estratos fueron definidos de acuerdo con las características ecológicas y climáticas de la cuenca Crisnejas en los siguientes: cuenca zona baja (< 2500 msnm), cuenca zona media (2500-3000 msnm) y cuenca zona alta (> 3000 msnm). Adicionalmente, los estratos se clasificaron según los distritos de la cuenca Crisnejas. Según Cochran (1977), el tamaño muestral para un muestreo estratificado se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\frac{1}{N} (\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h)^2}{N \frac{e^2}{Z^2} + \frac{1}{N} \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}$$

Donde:

$n$  = el tamaño de la muestra

$N$  = es el tamaño de la población

$N_h$  = es el tamaño del estrato  $h$

$\sigma_h$  = es la desviación estándar en el estrato  $h$

$e$  = límite aceptable de error muestral

$z$  = es la abscisa de la distribución normal para un nivel de confianza determinado (nivel de confianza).

Tomando en consideraciones que:

- En total hay 25 distritos en la cuenca distribuidos de acuerdo con las características ecológicas y climáticas en: cuenca baja (< 2500 msnm), cuenca media (2500-3000 msnm) y cuenca alta (> 3000 msnm).
- Población igual a 86 530 UA. Estas UA son las que cumplen los criterios para ser considerados como UA familiares de acuerdo con la tipología (Cuadro 2)
- Error muestral = 0.05 (5 por ciento)
- Nivel de confianza: 1.96 (95 por ciento)
- La desviación estándar calculada  $\sigma_h = 0.46$ . Este valor estadístico calculado representa la variación del conjunto de datos del tamaño de UA (has) obtenido a partir de la base de datos de CENAGRO (2012)

Reemplazando en la fórmula anterior obteniendo lo siguiente:

$$n = \frac{\frac{1}{86\,530} * 39803.8^2}{86530 * \frac{0.05^2}{1.96^2} + \frac{1}{86530} * 18309.7} = 323$$

Remplazando en la fórmula se obtuvo un tamaño muestral estimado es de 323 UA. Considerando la posibilidad de omisión de datos o encuestas incompletas, se añade un 10 por ciento al total de encuestas obtenido con el cálculo muestral y se distribuyen de manera proporcional con la cantidad de UA en cada estrato de la cuenca ( $n_{total} = 355$  encuestas).

En el Cuadro 28 se muestra la distribución proporcional de las encuestas según los estratos obtenidos. De acuerdo con la información del número de UA en los distritos, los estratos con menor número pertenecientes al percentil 10 fueron redistribuidos; así, los distritos de Gregorio Pita (2 encuestas), Matara (5), Sitacocha (6), Ichocan-Chancay-Marcabal (7) y Curgos-Cachicadan-Oxamarca (1) fueron redistribuidos de manera proporcional en el resto de los distritos ( $n=37$  encuestas) (Cuadro 28).

**Cuadro 28: Distribución del número de encuestas estratificado por características ecológicas climáticas y distritos de la cuenca "Crisnejas"**

<b>Distrito</b>	$N_h$	$N_h\sigma_h$	$N_h\sigma_h^2$	<b>Número de encuestas</b>
Eduardo Villanueva	2 037	937.0	431.0	12
Gregorio Pita	574	264.0	121.5	0
Pedro Gálvez	4 963	2 283.0	1 050.2	22
Condebamba	4 795	2 205.7	1 014.6	25
Encañada	9 166	4 216.4	1 939.5	41
Baños del Inca	2 344	1 078.2	496.0	10
Cajamarca	11 049	5 082.5	2 338.0	50
Llacanora	8 991	4 135.9	1 902.5	40
Namora	2 405	1 106.3	508.9	11
Jesús	4 119	1 894.7	871.6	19
Matara	1 286	591.6	272.1	0
Oxamarca	281	129.3	59.5	0
José Sabogal	3 184	1 464.6	673.7	15
José Manuel Quiroz	2 775	1 276.5	587.2	12
Ichocan	1 844	848.2	390.2	0
Chancay	1 747	803.6	369.7	0
Cachachi	7 286	3 351.6	1 541.7	33
Cajabamba	4 692	2 158.3	992.8	22
Sitacocha	1 433	659.2	303.2	0
Sanagoran	2 932	1 348.7	620.4	13
Marcabal	1 762	810.5	372.8	0
Huamachuco	6 478	2 979.9	1370.7	30
Curgos	145	66.7	30.7	0
Cachicadan	134	61.6	28.4	0
Quiruvilca	108	49.7	22.9	0
<b>TOTAL</b>	<b>86 530</b>	<b>39 803.8</b>	<b>18 309.7</b>	<b>355</b>

### 3.3.5. Recolección de datos y análisis

La recolección de datos en campo se realizó mediante una encuesta (Anexo 1). La encuesta permitió obtener la información a través de un cuestionario con la finalidad de recoger información sobre las variables de interés en el estudio (Anexo 1).

El estudio piloto se desarrolló para probar la eficacia del instrumento de investigación en el 10 por ciento del tamaño muestral, lo que equivale a 36 encuestas. Dado que en el presente estudio tenemos tres estratos identificados como: cuenca baja, media y alta, se realizó una asignación proporcional al tamaño de cada estrato: cuenca baja (4 encuestas), zona media (14 encuestas) y zona alta (18 encuestas). El estudio piloto fue realizado entre los meses de enero y febrero de 2021.

La encuesta final se aplicó a 355 a los jefes que conducen las unidades agropecuarias (UA) de acuerdo con la distribución de proporcional al número de UA en cada distrito (Cuadro 28). En total se encuestó a 15/24 distritos de la cuenca Crisnejas en los meses de febrero y marzo de 2021.

La información secundaria se obtuvo de las bases de datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú (INEI), Ministerio de Ambiente, Agencias Agrarias regionales (Cajamarca y La Libertad) y provinciales (Cajamarca, San Marcos, Cajabamba, Santiago de Chuco y Sánchez Carrión) y organizaciones de productores de la Cuenca “Crisnejas”. Específicamente las organizaciones del sector agropecuario de las que se obtuvo información fueron: Asociación de Productores Agropecuarios Virgen de la Puerta (APAVIP), Cooperativa de Servicios Múltiples Crisnejas, y Cooperativa Agraria de Usuarios- Central de redes de Productores Agropecuarios (CERPROAGR).

Información sobre cosechas, precios, producción y rendimiento a nivel distrital de la cuenca fue obtenido de las oficinas de estadística de las Agencias Agrarias de las provincias de Cajamarca, San Marcos, Cajabamba, Sánchez Carrión y Santiago de Chuco.

Los datos recolectados fueron compilados primero en una hoja de cálculo Excel y luego analizados con el paquete estadístico *Statistical Software Version 15* (STATA Corporation) y el software *IBM SPSS Statistics 25*.

Las características generales de las UA se describieron mediante medias y desviación estándar para las variables continuas (C); número de casos y porcentajes para las variables

categorías (D). La normalidad de las variables se evaluó con la prueba de Shapiro Wilk, y la homogeneidad de varianzas de las variables cuantitativas, mediante la prueba de Levene.

Se utilizó la prueba paramétrica ANOVA (Kruskal-Wallis, no paramétrica) para comparar medias de variables cuantitativas. Se usó la prueba ANOVA para comparar datos constantes con datos distribuidos normalmente, y la prueba Kruskal-Wallis se usó para comparar datos constantes con datos no distribuidos normalmente, seguida de la prueba post hoc de Dunn para comparaciones múltiples. Se realizó estas pruebas para determinar si existe una diferencia de IDA e ingresos entre las zonas altitudinales, condiciones de riego y el tipo de agricultura familiar. Los valores de  $p$  inferiores a 0.05 se consideraron estadísticamente significativos.

### **3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS**

#### **3.4.1. Caracterización y clasificación de la agrobiodiversidad**

De acuerdo con el planteamiento realizado sobre agricultura climáticamente inteligente (ACI) no es factible utilizar los indicadores tradicionales de medición de la biodiversidad como el índice de Margalef ( $D_{Mg}$ ), índice de Simpson ( $DSp$ ) o el índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) (Leyva Galán y Lores Pérez 2012, Leyva y Lores 2018). De acuerdo con estos autores los indicadores de biodiversidad clásicos no permiten explicar el valor de cada especie en un agroecosistema, decir la importancia de la biodiversidad para los animales, para los humanos, suelos, medio ambiente, y otros. El IDA fue creado como indicador del estado de la Agrobiodiversidad de los Agroecosistemas, para conocer el grado de acercamiento a la “sostenibilidad agroecológica desde la Agrobiodiversidad”, indicador básico de la Agricultura ecológica.

Por ello, se utilizó el índice de Agrobiodiversidad (IDA), una propuesta que considera la interacción de las especies en cualquier agroecosistema ya sea desde la pequeña parcela familiar, hasta las empresas más especializadas. La diversidad registrada se clasificó de acuerdo con su importancia: agrobiodiversidad que se utiliza en la alimentación en función de las necesidades humanas (IFER), importancia para los animales (IFE), de la protección de los suelos (IAVA) y especies con funciones complementarias (ICOM); estos cuatro grupos son también denominados Índice Específicos del Grupo (IEG). Las especies fueron agrupadas en 22 componentes (Cuadro 29). En el Cuadro 29 se registraron los subíndices, funciones y componentes requeridos para el cálculo del IDA. La integración al análisis de los diferentes grupos y componentes de la agrobiodiversidad representa el índice de



diversidad del agroecosistema (IDA), el cual se expresa a través de la función matemática siguiente:

$$IDA = \frac{\sum_1^{S_t} V_i}{S_t(V_i \max)}$$

Donde:

- $V_i$  : representa el valor de importancia medida de cada grupo de especies en la unidad agropecuaria
- $V_i \max$  : representa el valor de importancia máxima esperado en la unidad agropecuaria. El valor esperado varía de acuerdo con cada piso agroecológico o localidad.
- $S_t$  : corresponde al número total de grupos de especies de cada componente

Como se describe en esta propuesta la biodiversidad está dividida en cuatro grupos y estos a su vez, están constituidos por un número específico de componentes (22 grupos de especies). A partir de esta distribución de la agrobiodiversidad en grupos o *subíndices* (Cuadro 29), se establece un Índice Específico para cada Grupo (IEG), el cual analiza de forma individual cada grupo, teniendo en cuenta sus principales funciones dentro del agroecosistema.

Para cada grupo el cálculo matemático de cada subíndice (IGE) es:

$$IGE = \frac{\sum_1^{S_e} V_i}{S_e(V_i \max)}$$

El IDA integra los cuatro subíndices IGE; así:

$$IDA = \frac{\sum_1^n S_e (IGE)}{S_t}$$

$$IDA = \frac{S_1 IFER + S_2 IFE + S_3 IAVA + S_4 ICOM}{S_t}$$

IFER = Índice de biodiversidad para la alimentación humana;

IFE= índice de biodiversidad para la alimentación animal

IAVA =el índice de biodiversidad para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos

ICOM = índice de biodiversidad complementaria

$S_t$  = número de componentes de cada grupo de la biodiversidad, teniendo en cuenta que cada grupo tiene un número específico de componentes.

**Cuadro 29: Clasificación de grupos de especies se acuerdo con sus funciones para la estimación del índice IDA**

<b>Subíndices (IEG)*</b>	<b>Funciones</b>	<b>Componentes</b>	
<b>Subíndice IFER</b> Biodiversidad para alimentación humana	Formadoras de origen animal	[1]. Animales para carne	
		[2]. Animales para leche	
		[3]. Aves ponedoras	
		[4]. Peces	
	Formadores de origen vegetal	Energéticos	[5]. Leguminosas
			[6]. Raíces
			[7]. Tubérculos
			[8]. Granos andinos
		Reguladoras	[9]. Cereales
			[10]. Oleaginosas
			[11]. Frutales
			[12]. Hortalizas
<b>Subíndice IFE</b> Biodiversidad para la alimentación animal	Formadoras	[13]. Leguminosas, semillas, arbóreas y rastreras para animales	
	Energéticas	[14]. Pastos y cereales para animales	
<b>Subíndice IAVA</b> Biodiversidad para mejorar los suelos	Residuos de cosechas	[15]. Especies de cosechas-arvenses	
	Abonos verdes	[16]. Abonos verdes (leguminosas y poáceas)	
	Alternativas biológicas (Especies que participan en la producción de biofertilizantes)	[17]. Biofertilizantes (hongos-bacterias, compost, estiércol natural)	
<b>Subíndice ICOM</b> Biodiversidad complementaria	Complementarias	[18]. Especies medicinales, estimulantes y sazadoras	
		[19]. Flores, plantas ornamentales	
		[20]. Maderas: uso doméstico (leña), construcción,	
		[21]. Otros usos: especies con valores espirituales, usos religiosos, usos industriales o artesanales.	
		[22]. Cambio climático: cercas vivas para protegerse del viento, setos, melíferos, entre otros.	

IEG\* = Índice específico de grupo.

Fuente: Leyva Galán y Lores Pérez (2012)

Como se puede evidenciar en la ecuación anterior, según la propuesta de Leyva y Lores (2018) se considera que cada grupo o subíndice representa una parte igualmente importante de la agrobiodiversidad de una unidad agropecuaria (UA), y a su vez para que esta agrobiodiversidad se clasifique como sostenible es fundamental que todos los componentes IGE estén bien representados.

La información requerida para la estimación de IDA se recolectó a través de una encuesta con un cuestionario estructurado (Anexo 1) de acuerdo con la distribución de encuestas en el Cuadro 28. Para determinar el número de especies, y superficie ocupada por grupos de cultivos, se tuvo en cuenta las superficies ocupadas por cada cultivo y su producción en los 12 últimos meses. En el subíndice IFER se cuantificó la producción animal con sus componentes proteicos expresados en producción de carne (animales para carne), leche (animales para leche), huevo (aves ponedoras) y pescado (especies de peces de agua dulce como trucha, paiche, otros). Se cuantificó la producción total por especie por cultivos y de ella, lo que se utiliza para la alimentación de la familia (autoabastecimiento) y la producción empleada para la comercialización.

Mediante una tabla de ponderación se obtuvo un valor de juicio que unifica los indicadores cuantitativos y cualitativos (Lores Pérez 2009). En el Anexo 2 se muestra la ponderación de los valores de agrobiodiversidad (según sus valores utilitarios) para satisfacer las necesidades de la población estudiada. Con base en el registro de agrobiodiversidad en cada una de las unidades agropecuarias y la clasificación mostrada en el Cuadro 29, se determinó el valor de importancia ( $V_i$ ) que es el número de especies estimado. Finalmente, los valores de IDA calculados en esta tesis oscilan entre 0 y 1. Un valor  $IDA \geq 0.7$  se clasifica sostenible y 1.0 es el máximo posible.

#### **3.4.2. Evaluación de la Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI)**

Los métodos de análisis están relacionados al segundo objetivo e hipótesis:

- Hipótesis 2: El capital económico, acceso al mercado, acceso a riego y la agrobiodiversidad influyen en la adopción de la agricultura climáticamente inteligente (ACI) en la cuenca Crisnejas

Para lograr el modelamiento de las decisiones de adopción de ACI se utiliza el modelo econométrico *probit* multivariante.

### Modelo probit multivariante

La decisión de un agricultor de adoptar una ACI es de naturaleza discreta y requiere modelos de elección cualitativa (Aryal et al. 2018). Los modelos logit y probit univariados no son apropiados y, en este caso, pueden generar estimaciones sesgadas porque estos métodos suponen la independencia de los términos de error de las diferentes opciones de ACI. Sin embargo, un agricultor puede adoptar una mezcla de diferentes opciones de ACI y la decisión de adoptar una opción podría verse influenciada por decisiones de adopción para otras (Rilstone 2002, Aryal et al. 2018, Khatri-Chhetri et al. 2017).

Dado lo anterior, se utilizó un modelo probit multivariante que permite determinar interrelaciones entre las opciones o prácticas de ACI, es decir, la posible correlación entre las perturbaciones no observadas en la ecuación de adopción. Ignorar tales problemas lleva a estimaciones sesgadas e ineficientes (Lipper et al. 2018). Los agricultores a menudo utilizan información sobre varias opciones al tomar decisiones de tecnologías y, por lo tanto, la decisión de una opción de ACI puede influir en la decisión de optar por otra. Esto hace que las decisiones sean inherentemente multivariadas (Aryal et al. 2018). El modelo probit multivariante determina las posibles complementariedades (correlación positiva) y sustituibilidad (correlación negativa) entre las opciones de ACI.

Es más probable que un agricultor ejecute una opción o práctica particular de ACI si el beneficio de su adopción o uso es mayor que el beneficio del no uso. Considerando el  $i$ -ésimo hogar ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) que enfrenta una decisión sobre si aplicar la  $j$ -ésima opción de ACI (donde “ $j$ ” denota la elección de alguna opción, por ejemplo: labranza mínima (M), diversificación de cultivos (D), abono orgánico (S) y cultivo mixto (O)) en su parcela “ $p$ ” ( $p = 1, \dots, P$ ). Además,  $U_0$  y  $U_j$  representen los beneficios para un agricultor sin y con la adopción de ACI, respectivamente. Un agricultor decide adoptar la  $j$ -ésima opción de ACI en su parcela “ $p$ ” si el beneficio neto ( $B_{ipj}^*$ ) con su adopción es mayor que sin su adopción, es decir:

$$B_{ipj}^* = U_j - U_0 > 0$$

En este caso, el beneficio neto de la adopción de ACI es una variable latente o no observable, que está determinada por las características observadas de la unidad agropecuaria, variables económicas, acceso a mercado y extensión de servicios, la parcela, ubicación (“ $X_{ip}$ ”) y el término de error ( $\varepsilon_{ip}$ ) de la siguiente manera:

$$B_{ipj}^* = X'_{ip}\beta_j + \varepsilon_{ip} \quad (j = M, D, S, O) \dots\dots\dots [1]$$

El beneficio neto ( $B_{ipj}^*$ ) no se trata únicamente de un beneficio económico, se trata de un beneficio en general en la parcela: un beneficio económico, autoconsumo, alimentación para animales y otros beneficios. Se trata de una variable latente, cuyo beneficio es inferido (a través de un modelo matemático) a partir de otras variables que se observan en el modelo.

La ecuación (1) se puede presentar en términos de una función de indicador. En este caso, las preferencias no observadas en la ecuación (1) se traducen en la ecuación de resultado binaria observada para cada elección de opción de ACI de la siguiente manera:

$$B_{ipj} = \begin{cases} 1 & \text{si } B_{ipj}^* > 0 \\ 0 & \text{si } B_{ipj}^* \leq 0 \end{cases} \quad (j = M, D, S, O) \dots\dots\dots [2]$$

En el modelo probit multivariante con la posibilidad de adoptar múltiples opciones de ACI, los términos de error siguen conjuntamente una distribución normal multivariada (MVN) con media condicional cero y varianza normalizada a la unidad, es decir., podemos expresar como:  $(u_D, u_M, u_S, u_O) \rightarrow^{MVN}(0, \Omega)$  y la matriz de covarianza ( $\Omega$ ) viene dada por:

$$\Omega = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{DM} & \rho_{DS} & \rho_{DO} \\ \rho_{MD} & 1 & \rho_{MS} & \rho_{MO} \\ \rho_{SD} & \rho_{SM} & 1 & \rho_{SO} \\ \rho_{OD} & \rho_{OM} & \rho_{OS} & 1 \end{bmatrix}$$

donde “ $\rho$ ” denota el coeficiente de correlación por pares de los términos de error correspondientes a cualquiera de las dos opciones de ACI. Si estas correlaciones en los elementos fuera de la diagonal en la matriz de covarianza se vuelven distintas de cero, esto justifica la aplicación de un probit multivariante en lugar de un probit univariado para cada opción de ACI individual.

De las diversas opciones de ACI promovidas, nos enfocamos en nueve opciones considerando su clasificación de acuerdo con el uso de recurso (agua, carbono, nitrógeno y energía) (Cuadro 30). Para estas prácticas ACI, se considera el supuesto de que las decisiones para adoptarlas son interdependientes. Este supuesto es válido si los términos de error de las ecuaciones de decisión múltiple están significativamente correlacionados.

**Cuadro 30: Descripción de variables dependientes utilizadas en este estudio: opciones de Agricultura Climáticamente inteligente**

<b>Variables</b>	<b>Descripción</b>
<b>Agua inteligente</b>	
Gestión del agua	1 si aplica conservación y uso controlado del agua para cultivos, “0” si no
Siembra con lluvia	1 si siembra a principios de temporada para aprovechar el agua de lluvia, “0” si no
<b>Carbono inteligente</b>	
Labranza mínima	1 si usa menos equipo pesado en las siembras, “0” si no
Abono orgánico	1 si usa plantas y estiércol animal en los cultivos, “0” si no
Cultivo mixto	1 si siembra diferentes tipos de cultivos juntos, “0” si no
Rotación de cultivos	1 si cambia el tipo de cultivo plantado en esta tierra en algunas estaciones, “0” si no
<b>Nitrógeno inteligente</b>	
Leguminosas	1 si siembra leguminosas entre cultivos, “0” si no
<b>Energía inteligente</b>	
Compost	1 si composta sus residuos después de la cosecha, “0” si no
Energía solar	1 si utiliza equipos solares en la agricultura, “0” si no

En el modelo previamente descrito, el conjunto de variables explicativas incluye características de la unidad agropecuaria, variables económicas, acceso al mercado y servicios de extensión, factores institucionales, acceso a información y capacitación sobre

tecnología, características de tierras y capital social. El Cuadro 31 contiene una descripción de las variables utilizadas en el análisis. Se incluye además la clasificación de variables como *dummy* (D) o continua (C).

Las características económicas, como el número de ganado y el tamaño de la chacra, están asociados con el estado de riqueza del hogar.

En el Cuadro 31 se muestran las variables explicativas características de los hogares que incluyen educación, edad, alfabetización, sexo, tamaño de la familia y ocupación principal del jefe del hogar. Según (Rojas-Downing et al. 2017) las características de los hogares a menudo influyen en las decisiones de adopción de tecnología cuando hay imperfecciones en el mercado y fallas institucionales. Se reporta que existe una asociación positiva entre el nivel educativo y la adopción de tecnologías (Aryal et al. 2018). Dado que los agricultores educados tienen mejor acceso a la información sobre tecnologías mejoradas que los agricultores sin educación, se plantea el supuesto de una UA encabezada por una persona alfabetizada, es decir, con al menos una educación primaria, serían más propensos a adoptar una opción ACI. En la mayoría de los casos, la adopción de tecnologías relacionadas a agricultura pueden ser parte de una estrategia general del hogar para mejorar los medios de vida y, por lo tanto, el nivel de alfabetización de los miembros del hogar puede influir.

Los hogares encabezados por hombres generalmente tienen más probabilidades de adoptar nuevas tecnologías (Teklewold et al. 2019), aunque un estudio reciente en India realizado por Aryal et al. (2018) descubrieron que los hogares encabezados por mujeres tenían más probabilidades de adoptar opciones de agricultura climáticamente inteligentes, incluidas las nuevas tecnologías. Los autores relacionaron esto con el aumento de la escasez laboral en los hogares encabezados por mujeres.

La edad del jefe de hogar está relacionada con dos problemas principales: la experiencia en la agricultura y la resistencia al cambio (Aryal et al. 2018, Makate et al. 2016). El grado del impacto de la edad del jefe de hogar es indeterminada ya que las personas mayores, por un lado, tienen más experiencia en sistemas agropecuarios, con una mayor acumulación de capital físico y social, mientras que, por otro lado, se asocian a horizontes cortos de planificación, pérdida de energía y mayor aversión al riesgo o al cambio, por lo que es menos probable que adopten nuevas tecnologías.

**Cuadro 31: Descripción de variables explicativas utilizadas en el estudio**

<b>Variables</b>	<b>Descripción</b>
<i>Características de UA</i>	
Genero del jefe de UA (D)	2 si es hombre y 1 si es mujer
Edad del jefe de UA (C)	Edad del jefe de hogar en años
Alfabetización de jefe (D)	2 si el jefe de UA es alfabetizado y 1 si no
Tamaño de familia (C)	Número de miembros de la familia (#)
<i>Características de terreno</i>	
Tenencia de la parcela (D)	2 si es propiedad y 1 si se alquila
Suelo fértil (D)	2 si el agricultor informa que el suelo es bueno y 1 si no
Suelo profundo (D)	2 si es profundo y 1 si es poco profundo
Pendiente suave (D)	2 si es una pendiente suave y 1 si media/empinada
Distancia a la parcela (C)	Distancia de la casa/hogar a la parcela (en km)
Acceso a riego (D)	2 si el agricultor tiene acceso a riego y 1 en caso contrario
Tipo de riego (D)	0 si no utiliza riego, 1 si es exudación, 2 si es goteo, 3 si es aspersión, 4 si es multicompuertas (tuberías), 5 si es mangas y 6 si es gravedad
<i>Capital económico y social</i>	
Tamaño de la parcela (C)	Área de parcela (en hectáreas)
Tierra operada (C)	Total, de tierra operada (en hectáreas)
Demanda (D)	2 si considera que hay demanda de sus cosechas, 1 si no
Acceso al crédito (D)	2 si el agricultor tiene acceso al crédito y 1 en caso contrario
Intercambio de conocimientos (D)	2 si comparte información (agricultor a agricultor), 1 si no
Asociación (D)	2 si pertenecen a asociaciones de agricultores, 1 si no
Banco de semillas (D)	2 si almacena semillas para la próxima temporada, 1 si no
Agrobiodiversidad (C)	Valor de IDA estimado para cada UA
<i>Acceso a mercados, servicio de extensión y capacitación</i>	
Distancia al mercado (C)	Distancia al mercado local desde la casa (en km)
Capacitación (D)	2 si participó en al menos una capacitación, 1 si no
Cambio climático (D)	2 si comprende el cambio climático, 1 si no

D = variable *dummy*; C = continua, IDA = índice de agrobiodiversidad, UA = unidad agropecuaria

### **3.4.3. Factores que influyen en la intensidad de adopción de la agricultura climáticamente inteligente (ACI)**

- Hipótesis 3. El capital económico, acceso al mercado y la agrobiodiversidad influyen en la intensidad de adopción de las opciones de ACI en la cuenca “Crisnejas”

Se determinó la relación de la agrobiodiversidad (expresado a través de IDA) y la intensidad de adopción de ACI a través de un modelo probit ordenado. Se podría aplicar el modelo de regresión de Poisson suponiendo que el número de ACI adoptado como una variable de conteo. Sin embargo, la regresión de Poisson supone la misma probabilidad de adopción de



cada opción de ACI. En este caso, esto no es una suposición válida ya que la probabilidad de adoptar la primera práctica de ACI puede diferir de la probabilidad de adoptar la segunda y así sucesivamente; y con la adopción de la primera práctica de ACI, el agricultor estará expuesto a información sobre otras opciones de ACI (Aryal et al. 2018).

De acuerdo con Teklewold et al. (2019), se evaluó la intensidad de la adopción por el número de opciones de ACI adoptadas en una parcela individual como variable dependiente. En este caso, la variable de interés toma valores enteros que van de 0 a J, donde J representa el número de opciones de ACI seleccionadas, por lo tanto, se utiliza un modelo probit ordenado. En este caso, la variable dependiente puede tomar los valores 2, 3, 4, hasta 9 dependiendo de si un agricultor aplica un número determinado de opciones ACI. El modelo probit ordenado se puede expresar como:

$$y^* = x'\beta + \varepsilon,$$

donde  $y^*$  no se observa y viene dado por:

$$\left\{ \begin{array}{l} y = 0 \text{ si } y^* \leq 0 \\ = 1 \text{ si } 0 \leq y^* \leq \alpha_1 \\ = 2 \text{ si } \alpha_1 \leq y^* \leq \alpha_2, \\ \dots \\ = J \text{ si } \alpha_{J-1} \leq y^* \end{array} \right.$$

donde los valores de "y" se observan y se conoce porque son los valores enteros del número de opciones ACI que las UA familiares están aplicando; y "α" es un parámetro desconocido que se va a estimar. Se asume que "ε" sigue una distribución normal con media cero y varianza unitaria.

Entonces las probabilidades de cada resultado se pueden expresar como:

$$\Pr(y = 0|x) = \Phi(-x'\beta)$$

$$\Pr(y = 1|x) = \Phi(\alpha_1 - x'\beta) - \Phi(-x'\beta)$$

$$\Pr(y = 2|x) = \Phi(\alpha_2 - x'\beta) - \Phi(\alpha_1 - x'\beta)$$

...

$$\Pr(y = J|x) = 1 - \Phi(\alpha_{J-1} - x'\beta)$$

En el modelo probit ordenado, los efectos marginales de los regresores  $x$  sobre las probabilidades no son iguales al valor de los coeficientes. Como no es fácil interpretar los resultados directamente a partir de los coeficientes del modelo probit ordenado, calculamos los efectos marginales de cada resultado.

En resumen, para contrastar la hipótesis del tercer objetivo de la tesis, se consideró el modelo probit ordenado en la que el IDA se incorporara como una variable explicativa el modelo y las variables independientes serán ordenadas de acuerdo con su intensidad de adopción es decir una UA que aplica una tecnología será descrito con 1, una UA con dos opciones de ACI tendrá el valor de 2 y así sucesivamente. El análisis de los efectos marginales nos permita describir esta relación entre la variable explicativa (IDA) y la variable de adopción de ACI.

### **3.5. LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA**

La metodología propuesta presenta limitaciones al no incluir un análisis de huella de carbono y emisiones de las UA. El análisis de Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI) según su definición está aplicado en el estudio para evaluar las opciones de ACI, identificar sistemas de producción que puedan dar una mejor respuesta al cambio climático.

Respecto a agrobiodiversidad una limitación de este concepto es que no se considera la importancia de la diversidad de especies no cosechadas que apoyan la producción (depredadores y polinizadores) que también participan en la agrobiodiversidad. Dado que el IDA se calcula con un valor teórico y práctico a través de un conteo de especies, la estimación del índice y sus componentes no se afecta por no considerar estas especies, por el contrario, con este indicador se captura la tendencia general de zonas de la cuenca Crisnejas.

En el texto, el concepto de hectáreas estandarizadas y su uso está relacionado únicamente a la tipología de agricultura familiar definido según el Plan Nacional de Agricultura Familiar 2019-2021.

El cálculo de ingresos a partir de información secundaria obtenida de agencias agrarias representa ingresos brutos (no son ingresos netos). Los precios al productor no reflejan precios para las diferentes variedades de cultivos.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Este capítulo muestra la discusión de los resultados para cada objetivo específico. La primera subsección presenta los resultados para el primer objetivo, en el cual se caracterizó y clasificó el nivel de agrobiodiversidad de cada unidad agropecuaria; fue medido a través de un indicador global de agrobiodiversidad (IDA) y el componente económico fue evaluado a través de un indicador de ingresos mensual estimado en cada de las UA. En la segunda subsección, se abordó el objetivo para evaluar la asociación de los factores que determinan la aplicación de las estrategias de ACI a través de un análisis estadístico multivariante probit. Finalmente, en la última subsección, se determinaron los factores que influyen en la intensidad de la adopción de ACI mediante un análisis de regresión probit ordenado.

### **4.1. CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD**

#### **4.1.1 Preparación de base de datos**

La base de datos final fue generada a partir de las 355 encuestas realizadas en UA familiares de la cuenca Crisnejas en un archivo Excel. El control de calidad de los datos fue realizado identificando los valores faltantes y valores atípicos, logrando finalmente consolidar información de 340 encuestas en la base de datos final antes del análisis del conjunto de datos.

#### **4.1.2 Características de las unidades agropecuarias**

Se analizaron en total 340 encuestas con datos completos, 15 encuestas fueron excluidas por contener información incompleta. Las UA encuestadas en este estudio se sitúan de acuerdo con el parámetro altitudinal entre 1 131 msnm hasta los 3 257 msnm de altitud en la cuenca. Las UA encuestadas pertenecen principalmente al estrato “bosque y páramo húmedo” (73.5 por ciento, 250/340 UA), el estrato “bosque seco” con 24.7 por ciento (84/340 UA) de las encuestas y el estrato “bosque pluvial” con 1.8 por ciento (6/340). Además, el 26.5 por ciento (90/340) de las UA pertenece a zona baja (< 2500 msnm), 45.6 por ciento (155/340) pertenecen a la zona media (2500- 3000 msnm) y el 27.9 por ciento (95/340) se ubicaron en la zona alta de la cuenca (> 3000 msnm).

La edad promedio de los jefes de hogar encuestados fue de 44.1 años. El promedio de miembros del hogar es de cinco integrantes. El 91.1 por ciento (n = 310) de los encuestados fueron hombres y el 8.8 por ciento (n = 30) fueron mujeres. Las UA en el área de estudio

cultivan un área promedio de 4.15 hectáreas con un rango desde 0.5 ha (mínimo) hasta 9 ha (máximo). De acuerdo con estas características todas las UA encuestadas son UA familiares de acuerdo con el Plan Nacional de Agricultura Familiar (3).

#### **4.1.3 Análisis de agrobiodiversidad a través del IDA**

El análisis general del índice de agrobiodiversidad (IDA) obtenido muestra un valor promedio del estimador de 0.56, con un valor máximo de 0.83 y un mínimo de 0.37 (Cuadro 32 y Figura 8). Según el criterio de Leyva y Lores (2012), el estimador IDA con un valor menor de 0.7 significa que es hay un sistema agro biodiverso deficiente debido a que las UA familiares no realizan un manejo integral de los grupos de especies con el objetivo de mantener el equilibrio ecológico del sistema. De todas las UA encuestadas, un pequeño grupo de UA familiares (24/340, 7.1 por ciento), presenta un valor IDA superior mayor o igual a 0.7 (Figura 9), lo cual indicaría que al menos este grupo particular maneja un sistema eficiente en sus chacras desde el punto de vista agroecológico. Sin embargo, las características en la cuenca indica que esto se debe principalmente al desconocimiento y/o falta de capacitación de las familias de los jefes de hogar, y a una tendencia por la especialización de la producción agrícola dirigido al autoconsumo y venta. Para las familias en la cuenca, el uso más importante de las especies es para la alimentación humana y alimentación animal; los datos indican que las especies para mejorar y mantener las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (IAVA) y especies de utilidad no alimenticia (ICOM) tienen menor importancia en las chacras de pequeños agricultores.

Por otro lado, el análisis desagregado de IDA a través de subíndices muestra claramente que se prioriza la biodiversidad destinada para la alimentación humana (IFER) y para la alimentación animal (IFE) (Cuadro 32). Los valores IFER/IFE (0.58 y 0.61 respectivamente) son mayores estadísticamente comparado con IAVA e ICOM (0.51 y 0.50) (prueba t-student,  $p$ -value < 0.05). Por lo que se necesita mejorar en la planificación e integración del equilibrio de los diversos componentes, haciendo énfasis en las especies para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (IAVA) y biodiversidad complementaria de utilidad no alimenticia (ICOM), el cual obtuvo un menor valor en la cuenca (Cuadro 32, Figura 10). No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre IFER e IFE (t-student,  $p$ -value = 0.0904).

A nivel distrital se observa poca heterogeneidad al comparar los valores promedio de IDA, se obtuvieron valores en un rango de 0.48 hasta 0.62 (Cuadro 32). Los distritos con mayor

agrobiodiversidad son Jesús, Pedro Gálvez, Eduardo Villanueva, y Condebamba. Sin embargo, la comparación estadística entre los distritos también es variable (prueba de ANOVA,  $p$ -value  $< 0.001$ ). Se observa diferencias estadísticas al comparar la media de IDA entre Cajamarca – Condebamba ( $p$ -value = 0.014), Cajamarca – Pedro Gálvez ( $p$ -value = 0.002), Encañada – Jesús ( $p$ -value = 0.012), Encañada - Pedro Gálvez ( $p$ -value = 0.001), Huamachuco - Pedro Gálvez ( $p$ -value = 0.021) y Namora - Pedro Gálvez ( $p$ -value = 0.040). Entre los demás distritos no existe evidencia estadística de una diferencia de medias. Además, se observa que, en algunos casos como Pedro Gálvez, Eduardo Villanueva, Cachachi y Condebamba (4/15) las especies para alimentación humana son más importantes (IFER). Mientras que los demás distritos (11/15) son más relevantes las especies de alimentación animal (IFE). Esta tendencia y principal importancia de IFE tiene que ver con la importante producción ganadera en la región, las UA utilizan propios cultivos para autoabastecerse con el alimento del ganado.

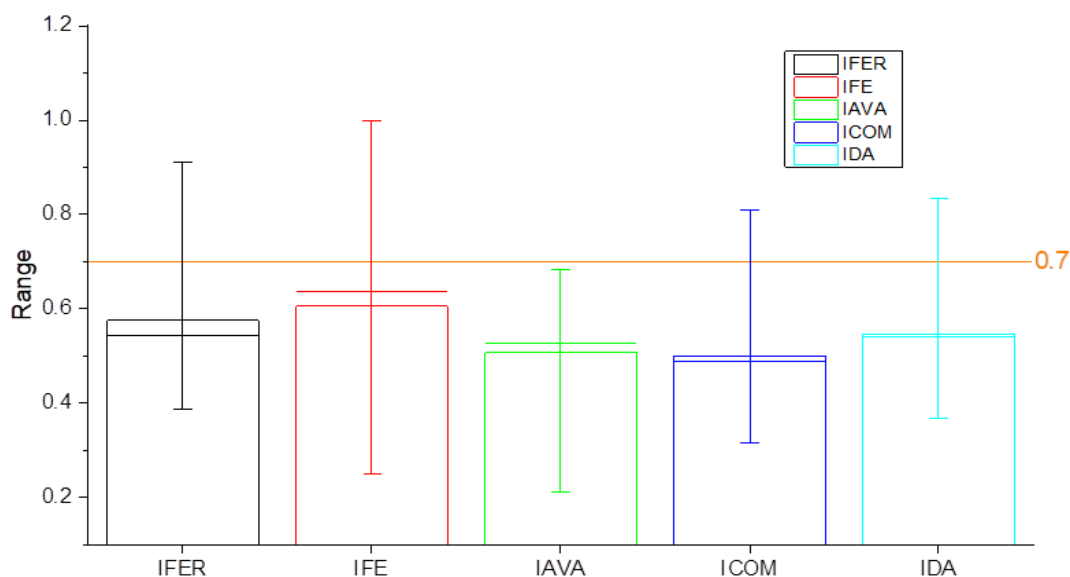
La comparación de IDA entre los estratos, “bosque pluvial (500-1500 msnm)”, “bosque seco (1500- 2500 msnm)”, y “bosque y páramo húmedo ( $> 2500$  msnm)” se obtuvo valores del índice de 0.64, 0.65 y 0.52, respectivamente. No hay diferencias estadísticas entre los estratos bosque seco y bosque pluvial de la cuenca a pesar de tratarse de zonas geográficas con características ecológicas y climáticas diferentes (prueba de Kruskal-Wallis,  $p$ -value = 0.5110). Si se observa diferencia estadísticamente significativa entre los estratos bosque pluvial & bosque húmedo (prueba de Kruskal-Wallis,  $p$ -value = 0.0018) y bosque seco & bosque húmedo (Kruskal-Wallis,  $p$ -value = 0.0001).

La comparación de IDA en las zonas de la cuenca (zona baja, media y alta) muestra que existe mayor diversidad en la zona baja y media (Cuadro 33). La diferencia de IDA entre las zonas de la cuenca es estadísticamente significativa (prueba de ANOVA,  $p$ -value  $< 0.001$ ) (Figura 10). Se observa una diferencia estadística entre la zona baja & media (ANOVA,  $p$ -value  $< 0.0001$ ), y también entre la cuenca media y alta (ANOVA,  $p$ -value  $< 0.0001$ ). Las condiciones climáticas y acceso al riego en la zona baja y media de la cuenca favorecen una mayor diversidad biológica en estas zonas de la cuenca.

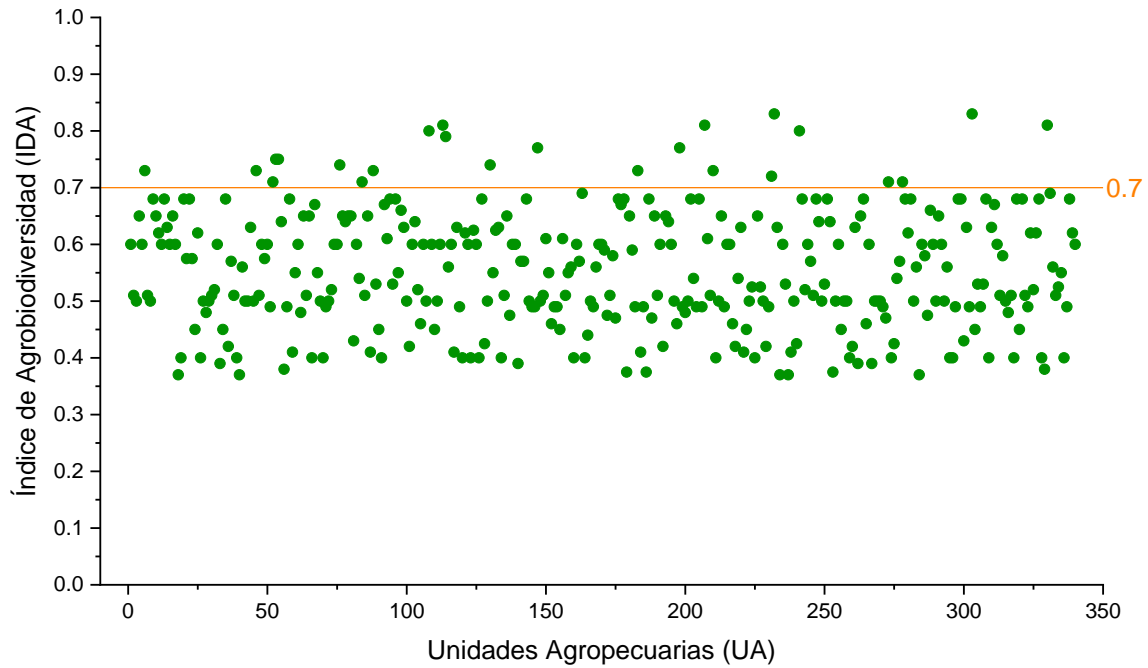
Estos resultados concuerdan con los autores Leyva Galán y Lores Pérez (2012), quienes reportaron que los productores manejan la diversidad, de acuerdo con el uso y beneficio económico que aportan a la familia. Según estos autores las familias incorporan y priorizan los cultivos de especies que tuvieran una función alimentaria o una utilidad económica práctica. En la cuenca observamos que la diversidad general del agroecosistema (IDA) está

principalmente dominada por especies asociadas directamente a la alimentación a humana y animal. Este contexto está claramente influenciado por la filosofía productiva de las UA familiares, los cuales tiene como medio principal de ingresos a la agricultura. Los jefes de hogar no mostraron ningún interés en sembrar otros cultivos que no supongan algún beneficio que no sea económico o alimenticio para su hogar.

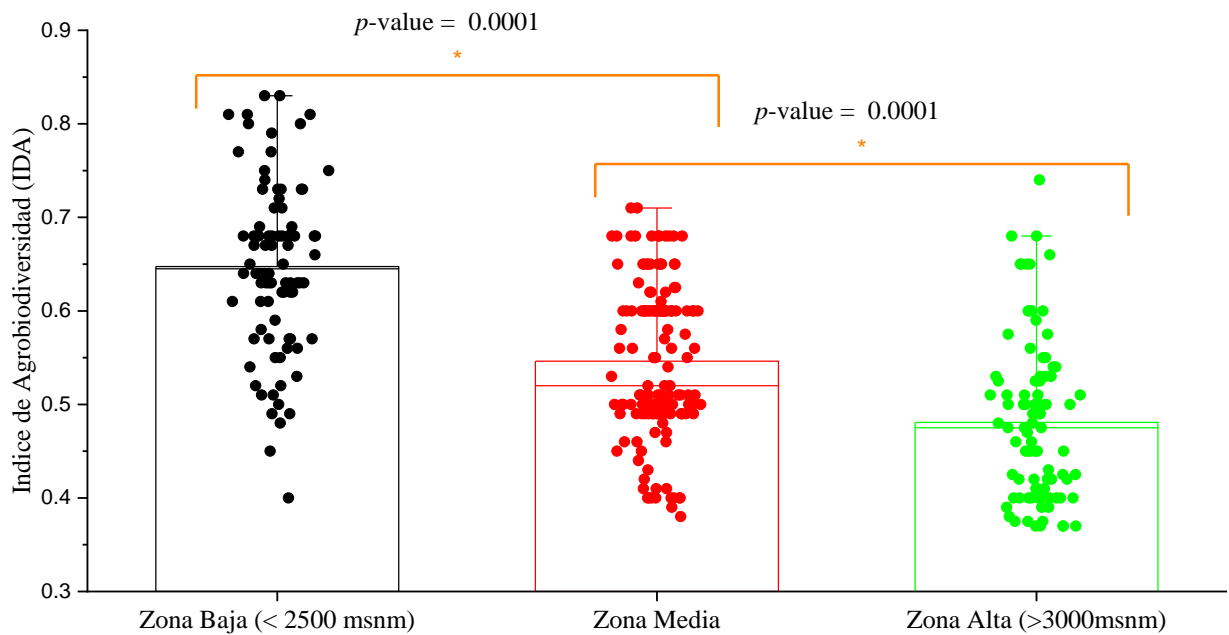
Las especies se cultivan basados en la demanda de mercado de una temporada a otra (generación de ingresos), la disponibilidad de mercado y la satisfacción familiar sin tener en consideración el equilibrio del agroecosistema. El esfuerzo principal de las UA se ha puesto en cultivos alimenticios para venta y sostén familiar como maíz (*Zea mays*), papa (*Solanum tuberosum*) y alfalfa (*Medicago sativa L.*), ajo (*Allium sativum*) y leguminosas como frejoles (*Phaseolus vulgaris*) y lentejas (*Lens culinaris*). La diversidad animal se basa principalmente en gallinas, cuyes, vacuno y cerdos con lo que garantizan su auto mantenimiento. La falta del cuidado de la tierra es una de la debilidad identificada en la cuenca, a pesar de tener residuos orgánicos de animales, estos no se procesan y/o reciclan, lo que constituye una limitante para el aprovechamiento de los biofertilizantes y residuos orgánicos.



**Figura 8: Representación gráfica de la media del índice de agrobiodiversidad (IDA) y sus componentes grupo específicos (IFER, IFE, IAVA e ICOM) medido en unidades agropecuarias (UA) familiares de la cuenca Crisnejas. La barra de error representa el rango del valor máximo y mínimo en cada caso**



**Figura 9: Distribución del índice de agrobiodiversidad (IDA) medido en las unidades agropecuarias (UA) familiares en la cuenca Crisnejas**



**Figura 10: Distribución por zonas de la cuenca Crisnejas del índice de agrobiodiversidad (IDA) medido en las unidades agropecuarias (UA) familiares en la cuenca Crisnejas. Prueba de ANOVA / Kruskal-Wallis para comprar grupos, p-value < 0.05 es estadísticamente significativo**

**Cuadro 32: Estadísticas descriptivas del Índice de Agrobiodiversidad (IDA) en los distritos encuestados de la cuenca Crisnejas**

DISTRITO	Índice IDA			IFER			IFE			IAVA			ICOM		
	$\bar{x}$	min	máx	$\bar{x}$	min	máx	$\bar{x}$	min	máx	$\bar{x}$	min	máx	$\bar{x}$	min	máx
Encañada	0.51	0.4	0.6	0.53	0.5	0.6	0.56	0.3	0.8	0.49	0.2	0.6	0.44	0.3	0.6
Baños del Inca	0.55	0.4	0.6	0.57	0.5	0.7	0.59	0.4	0.8	0.52	0.4	0.6	0.51	0.4	0.6
Cajamarca	0.52	0.4	0.6	0.53	0.5	0.7	0.58	0.3	0.8	0.51	0.3	0.7	0.45	0.3	0.6
Llacanora	0.55	0.5	0.7	0.55	0.5	0.8	0.62	0.3	0.8	0.54	0.3	0.6	0.49	0.4	0.7
Namora	0.48	0.4	0.6	0.5	0.5	0.7	0.52	0.4	0.7	0.46	0.3	0.6	0.45	0.3	0.6
Jesús	0.62	0.6	0.7	0.64	0.5	0.7	0.7	0.5	0.8	0.57	0.6	0.6	0.56	0.4	0.6
Pedro Gálvez	0.63	0.5	0.8	0.75	0.6	0.9	0.66	0.3	1.0	0.48	0.3	0.7	0.62	0.5	0.8
José Sabogal	0.57	0.4	0.6	0.56	0.5	0.7	0.64	0.4	0.8	0.55	0.4	0.7	0.52	0.3	0.6
José Manuel Quiroz	0.55	0.4	0.6	0.55	0.5	0.7	0.6	0.4	0.7	0.54	0.4	0.6	0.51	0.3	0.6
Eduardo Villanueva	0.61	0.5	0.7	0.72	0.6	0.9	0.65	0.5	0.8	0.47	0.3	0.6	0.61	0.5	0.7
Cachachi	0.57	0.4	0.8	0.64	0.4	0.9	0.58	0.3	0.8	0.52	0.3	0.6	0.53	0.3	0.8
Condebamba	0.62	0.5	0.8	0.69	0.4	0.9	0.68	0.5	0.9	0.52	0.3	0.7	0.58	0.4	0.8
Cajabamba	0.54	0.4	0.7	0.57	0.4	0.9	0.67	0.5	0.8	0.45	0.2	0.7	0.48	0.3	0.6
Sanagoran	0.57	0.4	0.8	0.57	0.5	0.8	0.66	0.4	0.9	0.52	0.4	0.7	0.49	0.3	0.7
Huamachuco	0.52	0.4	0.7	0.51	0.4	0.8	0.60	0.4	0.8	0.52	0.3	0.7	0.47	0.3	0.6
Media ( $\bar{x}$ )	<b>0.56</b>	<b>0.4</b>	<b>0.8</b>	<b>0.59</b>	<b>0.4</b>	<b>0.9</b>	<b>0.62</b>	<b>0.3</b>	<b>0.9</b>	<b>0.51</b>	<b>0.2</b>	<b>0.7</b>	<b>0.51</b>	<b>0.3</b>	<b>0.8</b>
	Índice IDA			IFER			IFE			IAVA			ICOM		

Nota: Los datos se representan como media aritmética ( $\bar{x}$ )  $\pm$  desviación estándar (SD), varianza ( $S^2$ ), valor máximo (máx) y valor mínimo (min). Valores p significativos < 0.05.

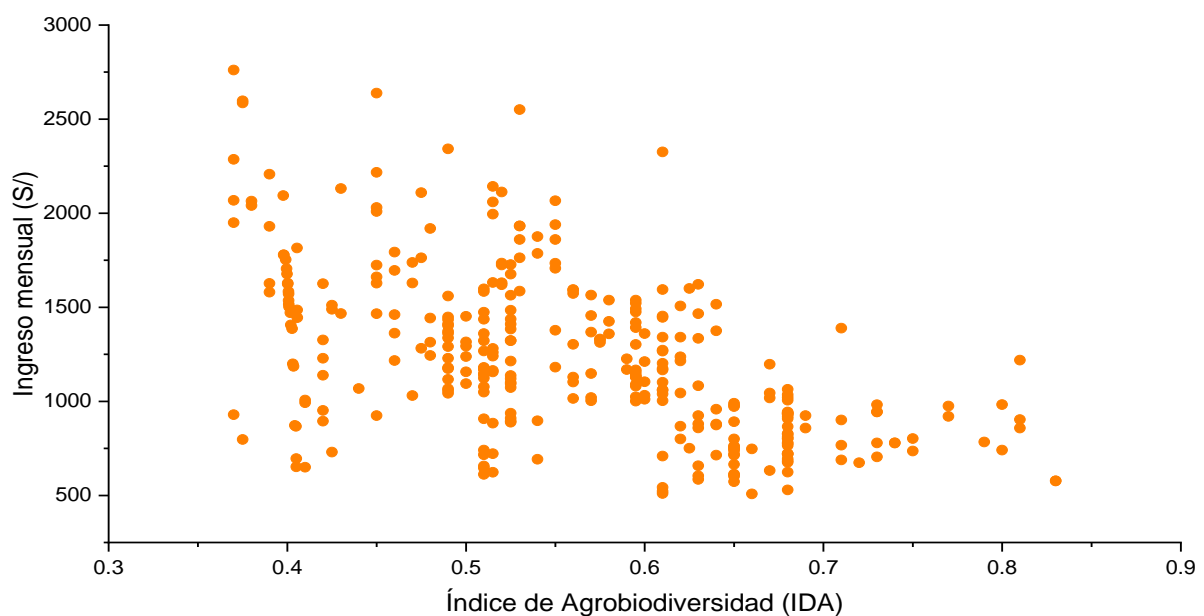
Por otro lado, un análisis individual muestra que un grupo pequeño de UA presenta un valor de IDA mayor a 0.7. Estas UA comparten en común que acceden a un abastecimiento de agua todos los días y disponen de este recurso para riego. La razón principal de lograr en su parcela un sistema integral, funcional y equilibrado obedece a que buscan autoabastecer su seguridad alimentaria familiar en sus propias parcelas a largo plazo, los jefes de hogar cuidan sus tierras para que sigan produciendo y así asegurar la generación de ingresos y alimentación familiar en el tiempo. Esta situación se sustenta en capacitaciones y/o conocimientos previos que alguno de los miembros de la unidad aprendió y que además pone en práctica en sus chacras. Por ello, para lograr un sistema equilibrado se requiere inversión



en tecnología, sistemas de riego eficientes, compostaje y otros. Las características de las UA más eficientes sirven de referencia para mejorar la agrobiodiversidad en las UA familiares.

El análisis del ingreso mensual en las UA se presenta en la Figura 11 y en el Cuadro 33. Se observa una relación negativa entre el ingreso mensual (en soles) y el indicador de agrobiodiversidad (IDA) (Figura 11); lo cual significa que las UA con menor agrobiodiversidad tienen un mayor ingreso mensual. El método de correlaciones binarias de Pearson muestra que hay existe una correlación negativa significativa ( $IC = -0.04107$ ) (Cuadro 33).

Además, el Cuadro 33 muestra que, comparando los diferentes grupos de clasificación, la correlación negativa con IDA es variable. Por ejemplo, de acuerdo con el tipo de agricultura familiar se observa una correlación no significativa entre agricultura familiar de subsistencia (<2ha) y agricultura familiar intermedia (2-5 ha), por lo que se infiere que no hay una correlacion, se ha de suponer que el coeficiente de correlacion es cero. Sin embargo, en el caso de agricultura familiar consolidada (5-10 ha), la correlación negativa es significativa, quiere decir que los ingresos más altos se concentran en UA con menor índice de agrobiodiversidad. En el grupo “según condición de riego” podemos observar que las UA que cultivan en “secano/riego” tienen correlación negativa más fuerte comparado con las UA que cultivan únicamente en “secano” y “riego” por separado.



**Figura 11: Representación gráfica de la correlación binaria entre IDA y el ingreso mensual de las UA en la cuenca Crisnejas**

La correlación negativa también es significativa de acuerdo la clasificación de zonas altitudinales (zona alta, baja y media), a partir de lo cual se interpreta que mayor agrobiodiversidad y menor ingreso económico están presente en las UA con menor altitud. Existe diferencias estadísticas comparando las medias de IDA (ANOVA, *p-value* < 0.001) y también los ingresos promedio (ANOVA, *p-value* < 0.0001) entre las zonas de la cuenca. El análisis comparativo muestra además que la zona baja (< 2500 msnm) presenta el mayor valor de IDA (Cuadro 33) y además presenta el menor promedio de ingresos mensuales. Estudios previos han demostrado que el número de especies disminuye con el aumento de la altitud, y esto está asociado con la disminución de la temperatura, la precipitación y la fertilidad del suelo (Timsina et al. 2016, Adhikari et al. 2017, Körner 2007). Según Körner (2007) ocurre una reducción media de 40 especies de angiospermas por cada 100 metros de altitud. En la cuenca crisnejas a pesar de registrar únicamente especies relacionadas a la agricultura, también se observó esta disminución significativa de agrobiodiversidad asociada con una mayor altitud.

El análisis global de IDA e ingresos muestra que una mayor agrobiodiversidad está presente en aquellas UA familiares con menor ingreso mensual (Cuadro 33). De acuerdo con estudios previos este escenario puede explicarse debido a que los pequeños agricultores priorizan los cultivos que tienen una función alimentaria o una utilidad económica (Teklewold et al. 2013, Leyva y Lores 2018). Waha et al. (2022) reportaron que las familias con mayores ingresos provenientes de la agricultura tenían una mayor tendencia a los sistemas agrícolas de monocultivo y a la siembra de pocos cultivos, los cuales son principalmente cultivos de mayor valor económico y rentabilidad.

En la cuenca Crisnejas, los ingresos de las UA familiares depende principalmente cultivos de panllevar los cuales presentan mayor valor económico (papa blanca, cebada grano, haba, maíz amiláceo, ajo, maíz choclo y otros) (Cuadro 24). Además, en la Figura 12 se observa la clasificación de los cultivos según la tasa de crecimiento de cosechas (hectáreas) y el ingreso total en los últimos años (2012-2019). El cultivo con mayor ingreso (en soles) y que además se encuentra en crecimiento es papa blanca, algunos cultivos con valor de ingreso medio como ajo se encuentran en crecimiento, pero otros como alfalfa, maíz amiláceo y trigo están en una etapa de estancamiento. Bajo esta mirada se puede resaltar que hay pocos cultivos que representan diferentes niveles de importancia en términos económicos en la cuenca. Los mayores ingresos están determinados por monocultivos o los cultivos más rentables.

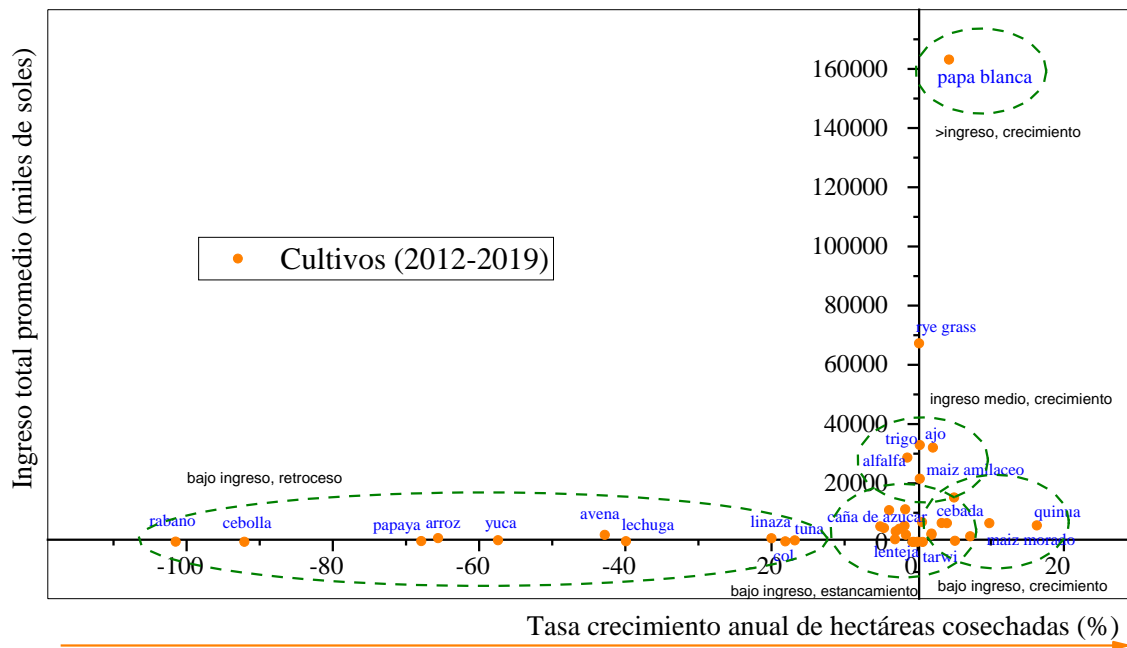
**Cuadro 33: Correlaciones binarias entre el índice de agrobiodiversidad (IDA) y el ingreso mensual de las UA en la cuenca Crisnejas**

<b>Variables que definen grupos</b>	<b>IDA <sup>(*)</sup></b>	<b>Ingresos<sup>(*)</sup> (S/)</b>	<b>Coefficiente de correlación (IDA vs ingresos)</b>
<b>IDA &amp; ingreso mensual UA (global)</b>	0.56	1 156	-0.4107*
<b>Según clasificación de Agricultura familiar (AF)</b>			
AF de subsistencia (<2ha), n=133	0.60	689	-0.1092
AF intermedia (2-5 ha), n=54	0.58	1 101	-0.1570
AF consolidada (5-10 ha), n=153	0.51	1 583	-0.2699*
<b>Condición de riego</b>			
Secano	0.47	748	-0.2882*
Secano/Riego	0.59	1 036	-0.7024*
Riego	0.61	1 352	-0.5225*
<b>Zonas altitudinales</b>			
Zona Baja (< 2500 msnm)	0.65	909	-0.5773*
Zona Media (2500- 3000 msnm)	0.55	1 303	-0.3551*
Zona Alta (> 3000 msnm)	0.48	1 154	-0.2351*

(\*) Correlaciones binarias de Pearson con  $p$ -value < 0.05. (†) Prueba de ANOVA/ Kruskal-Wallis para comparar medias, significancia estadística con un  $p$ -value < 0.05. UA = unidad agropecuaria.

Por otra parte, la importancia de generar mayor ingreso impacta directamente en la diversidad dietética. Los resultados de los estudios dirigidos por Timsina et al. (2016) y Waha et al. (2022) sugieren que los ingresos más altos contribuyen a la calidad de la dieta, a través de la venta de cultivos y la compra de alimentos nutricionalmente importantes. Sin embargo, en la cuenca Crisnejas gran parte de la producción agropecuaria tiene como destino el autoconsumo, lo que significa que la diversidad dietética está directamente relacionada al nivel de agrobiodiversidad, exactamente está relacionado al componente destinado a alimentación humana (IFER).

En resumen, se observa que las UA con mayor ingreso económico se encuentran en la zona media de la cuenca entre los 2500 y 3000 msnm, acceden a riego, y además pertenecen a una agricultura familiar consolidada. Estos resultados enfatizan la necesidad de incrementar la biodiversidad asociada a la agricultura de forma equitativa, dirigido a convertir el agroecosistema en un sistema funcional y equilibrado, desde el punto de vista económico, ecológico y sociocultural.



**Figura 12: Representación gráfica de ingreso total (eje Y) y tasa de crecimiento anual promedio (eje X) de la producción de los principales cultivos en la cuenca Crisnejas entre las campañas 2012 al 2019. Ingreso total representa los ingresos brutos, no se han evaluado ingresos netos**

#### 4.2.EVALUACIÓN DE LA AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE (ACI)

El enfoque de análisis multivariante probit (AMP) permitió hacer una evaluación de los factores y/o características vinculadas a las UA que pueden afectar la adopción de múltiples opciones de ACI. Una de las fortalezas de este modelo es que considera las posibles complementariedades (correlación positiva) y la sustituibilidad (correlación negativa) entre la elección de una y otra opción de ACI. Esto quiere decir que, en el planteamiento teórico del modelo, se está considerando la probabilidad de aplicar una opción de ACI que puede estar condicionada a la elección de otra opción. Este planteamiento se corrobora con los

resultados previos de otros estudios similares (Westermann et al. 2018, Mahashin y Roy 2017, Vernooy et al. 2018, Weniga Anuga et al. 2019). Estos autores además resaltan la importancia de reconocer y analizar la interdependencia potencial entre múltiples decisiones de adopción de ACI al mismo tiempo que se identifican los factores que influyen en cada caso.

El análisis descriptivo global de la frecuencia de uso de ACI se observa en el Cuadro 34, donde la mayoría de las UA en la cuenca Crisnejas optan por cambiar el tipo de cultivo sembrado por temporadas o estación (89.7 por ciento), utilizan abono orgánico de origen animal (83.5 por ciento), siembra a principios de temporada para aprovechar el agua de lluvia (69.1 por ciento) y siembran leguminosas (58.5 Keywords).

**Cuadro 34: Opciones de ACI adoptadas por las unidades agropecuarias en la cuenca Crisnejas**

<b>Opciones de ACI</b>	<b>Si N (porcentaje)</b>	<b>No N (porcentaje)</b>
<b><u>Agua inteligente</u></b>		
Gestión del agua: conservación y uso controlado	90 (26.5)	250 (73.5)
Siembra a principios de temporada para aprovechar el agua de lluvia	235 (69.1)	105 (30.9)
<b><u>Carbono inteligente</u></b>		
Labranza mínima / labranza cero	24 (7.0)	316 (93.0)
Utiliza abono orgánico vegetal	53 (15.6)	287 (84.4)
Utiliza abono orgánico animal	284 (83.5)	56 (16.4)
Cultivos mixtos	143 (42.1)	197 (57.9)
Cambiar el tipo de cultivo sembrado por temporadas o estación (rotación)	305 (89.7)	35 (10.3)
<b><u>Nitrógeno inteligente</u></b>		
Siembras leguminosas	199 (58.5)	141 (41.4)
<b><u>Energía inteligente</u></b>		
Realiza compostaje	28 (8.2)	312 (91.8)
Uso de equipos solares en agricultura	0 (0.0)	340 (100.0)

ACI: Agricultura climáticamente inteligente

Por otro lado, de acuerdo con la clasificación de zonas de la cuenca, en la zona baja todas las UA utilizan abono orgánico animal (83.3 por ciento) y rotación de cultivos (90.0 por ciento), y el 52.2 por ciento de las UA siembra leguminosas (Cuadro 35). En la cuenca media, la mayoría de la UA optan por aplicar rotación de cultivos (92.3 por ciento), utilizan abono orgánico (83.8 por ciento) y utilizan agua de lluvia (76.7 por ciento). En la parte alta (zona alta) la mayoría de las UA aplican rotación de cultivos (74.7 por ciento) y aprovechan el agua de lluvia (91.6 por ciento), y además siembran leguminosas (67.4 por ciento). En la siguiente sección analizamos los factores determinantes que permiten adoptar una u otra opción de ACI a lo largo de la cuenca Crisnejas. Las variables explicativas se describieron en el Cuadro 31.

**Cuadro 35: Opciones de ACI preferidas por las UA de acuerdo con la zona de la cuenca Crisnejas**

<b>Zona Baja (&lt; 2500 msnm)</b>	<b>Zona Media (2500- 3000 msnm)</b>	<b>Zona Alta (&gt; 3000 msnm)</b>
Rotación de cultivos (90.0 por ciento)	Rotación de cultivos (98.71 por ciento)	Aprovecha temporada de lluvias para siembra (91.6 por ciento)
Utiliza abono orgánico animal (83.3 por ciento)	Utiliza abono orgánico animal (83.8 por ciento)	Utiliza abono orgánico animal (83.2 por ciento)
Siembra de leguminosas (52.2 por ciento)	Aprovecha temporada de lluvias para siembra (76.7 por ciento)	Rotación de cultivos (74.7 por ciento)
	Siembra de leguminosas (56.8 por ciento)	Siembra de leguminosas (67.4 por ciento)
		Cultivos mixtos (55.8 por ciento)

UA: unidades agropecuarias

#### 4.2.1 Determinantes de adopción de múltiples opciones de ACI

En el área de estudio, todas las UA han adoptado al menos dos opciones de ACI simultáneamente (Cuadro 38), lo que indica que existe la posibilidad de una correlación entre sus elecciones de ACI. Los resultados, a partir del AMP, apoyan la hipótesis de que los términos de error de las ecuaciones de decisión múltiple están correlacionados. La prueba de razón de verosimilitud ( $\chi^2(36) = 66.043$ ;  $\text{Prob} > \chi^2 = 0.0017$ ) rechaza la hipótesis nula de covarianza cero de los términos de error entre ecuaciones. Con esta evidencia estadística se admite la estimación con el AMP y se observa que en la cuenca las UA adoptan las opciones de ACI en paquetes, lo cual concuerda con lo reportado por (Teklewold et al. 2019). Además, Aryal et al. (2018) racionalizan que los agricultores adoptan primero las prácticas atractivas y luego de forma secuencial otras opciones, o combinaciones de componentes relativamente simultáneos si es que brindan suficientes complementariedades.

El Cuadro 36 muestra los resultados generales del AMP estimado a través del método de máxima verosimilitud. Se observa que los parámetros estimados en el modelo se ajustan bien a los datos, ya que la prueba de Wald es estadísticamente significativa ( $\text{Wald } \chi^2(243) = 391.26$ ;  $\text{Prob.} > \chi^2 = 0.0000$ ) rechazándose la hipótesis nula de que todos los coeficientes de regresión en cada ecuación son conjuntamente iguales a cero. Esta evidencia estadística demuestra la importancia del modelo probit multivariante (AMP) para tener en cuenta las correlaciones no observadas entre las decisiones para aplicar múltiples opciones de ACI en las UA.

Los resultados muestran que los efectos de las variables explicativas sobre la probabilidad de adoptar difieren sustancialmente para cada tipo de ACI. El Cuadro 37 proporciona una descripción general de los determinantes clave de la adopción de múltiples ACI para facilitar la interpretación, destacando únicamente los valores estadísticamente significativos indicando asociación positiva (+) o negativa (-).

La variable altitud tiene un impacto negativo y positivo sobre algunas de las opciones de ACI. Los hogares ubicados a una mayor altitud (msnm) tienen una mayor probabilidad de aplicar técnicas de gestión agrícola del agua a través de la conservación y uso controlado de agua (CW); siembra de cultivos mixtos (CM) y compostaje (COM). Sin embargo, a mayor altitud existe menor probabilidad de utilizar abono orgánico vegetal (AOV) y rotación de cultivos (Cuadro 36 y Cuadro 37). Las prácticas agrícolas de gestión del agua ofrecen una

de las mejores estrategias para adaptar la producción agrícola al cambio climático (Teklewold et al. 2019).

En la cuenca Crisnejas se observa que, si bien a una mayor altitud las UA aplican técnicas de gestión del agua (CW), el análisis por zonas muestra un escenario diferente en zona alta (>3000 msnm), donde se muestra una relación inversa, es decir, las UA tienen una menor probabilidad de aplicar técnicas de gestión de agua. Esto se explica porque la disponibilidad de agua en la zona alta es limitada y está caracterizada principalmente por una agricultura de secano. Las UA ubicados en la cuenca media (2500-3000 msnm) tienen una mayor probabilidad comparado con la zona baja de utilizar abono orgánico vegetal (AOV) y rotar cultivos por temporada (RC). En cuenca alta (>3000 msnm) existe menor probabilidad de utilizar técnicas de gestión de agua, también utilizando como categoría de referencia a la zona baja. Tanto en la zona alta como en la zona media, existe mayor probabilidad de sembrar a principios de temporada para aprovechar el agua de lluvia (URW). Estos resultados subrayan la importancia de las lluvias y la disponibilidad de agua para determinar la adopción de ACI.



**Cuadro 36: Coeficientes estimados del modelo probit multivariado (AMP)**

<b>Variables</b>	<b>CW</b>	<b>URW</b>	<b>ZT/MT</b>	<b>AOV</b>	<b>AOA</b>	<b>CM</b>	<b>RC</b>	<b>SL</b>	<b>COM</b>
<b>Características del hogar (UA)</b>									
Altitud (msnm)	0.0012 (0.030)*	-0.0005 (0.257)	-0.0003 (0.731)	-0.0010 (0.031)*	0.0004 (0.421)	0.0023 (0.000)*	-0.0019 (0.013)*	0.0000 (0.971)	0.0018 (0.036)*
<i>Zonas</i>									
<i>Zona baja (referencia)</i>									
Zona media (2500-3000 msnm)	-0.4049 (0.250)	1.3747 (0.000)*	1.1358 (0.168)	0.8214 (0.038)*	-0.0879 (0.822)	-0.0740 (0.822)	2.1831 (0.000)*	0.2215 (0.463)	-1.3320 (0.013)*
Zona alta (>3000 msnm)	-1.4934 (0.004)*	2.2210 (0.000)*	0.7254 (0.476)	0.9260 (0.069)	-0.0218 (0.967)	-0.5726 (0.214)	0.7439 (0.288)	0.6813 (0.097)	-1.4721 (0.062)
Edad (años)	0.0018 (0.802)	-0.0045 (0.538)	0.0370 (0.005)*	0.0113 (0.153)	0.0172 (0.025)*	0.0090 (0.176)	0.0041 (0.721)	-0.0020 (0.751)	0.0014 (0.895)
<i>Género</i>									
<i>Femenino (referencia)</i>									
Masculino	0.7153 (0.028)*	-0.4466 (0.199)	-0.3053 (0.449)	-0.1580 (0.606)	-0.1370 (0.680)	-0.0274 (0.920)	-0.1490 (0.765)	-0.2483 (0.365)	4.1190 (0.976)
Tamaño de la familia	0.0209 (0.508)	-0.0195 (0.577)	-0.0408 (0.438)	-0.0215 (0.543)	0.0129 (0.722)	-0.0037 (0.902)	-0.0319 (0.538)	0.0281 (0.328)	0.0003 (0.995)
Alfabetización jefa de UA	-0.0382 (0.868)	-0.0935 (0.705)	-0.4553 (0.151)	0.2191 (0.404)	-0.2735 (0.328)	-0.0952 (0.661)	-0.1260 (0.730)	-0.0084 (0.968)	-0.6572 (0.038)*
<b>Características de la tierra</b>									
<i>Tenencia de la chacra</i>									
<i>Alquilada (referencia)</i>									
Propia	0.7036 (0.049)*	0.4660 (0.119)	3.7890 (0.980)	0.0986 (0.783)	0.1841 (0.599)	-0.0009 (0.998)	-0.5954 (0.378)	0.0655 (0.822)	-0.3786 (0.380)
Fertilidad del suelo	0.4761 (0.126)	-0.0694 (0.811)	0.6660 (0.236)	0.4561 (0.211)	0.7557 (0.006)*	0.1142 (0.677)	-0.3741 (0.409)	-0.5534 (0.044)*	0.3754 (0.402)
Profundidad del suelo	-0.3818 (0.174)	0.0231 (0.938)	0.0987 (0.825)	-0.0112 (0.972)	-0.2415 (0.513)	0.2321 (0.397)	-0.8783 (0.079)	-0.1156 (0.647)	-0.0932 (0.829)
Pendiente del terreno	0.5936 (0.024)*	0.1349 (0.573)	-0.2434 (0.540)	-0.1270 (0.626)	-0.2862 (0.336)	-0.3720 (0.103)	0.4730 (0.274)	-0.0961 (0.660)	-0.3717 (0.278)
Distancia a la chacra (km)	0.0024 (0.958)	0.0287 (0.543)	0.0086 (0.908)	-0.0248 (0.614)	-0.0564 (0.276)	0.0062 (0.886)	0.1584 (0.048)*	-0.1179 (0.005)*	-0.0098 (0.887)
<i>Acceso a riego</i>									

<<continuación>>

<i>Secano (referencia)</i>									
Secano/riego	-0.4203 (0.184)	-0.5289 (0.138)	-0.1600 (0.748)	0.3423 (0.310)	-0.2684 (0.465)	0.0704 (0.808)	-0.7038 (0.141)	0.0490 (0.860)	-1.0208 (0.022)*
Riego	0.2708 (0.395)	-0.6778 (0.060)	-0.0269 (0.959)	0.0102 (0.977)	-0.8236 (0.028)*	-0.0175 (0.953)	0.0808 (0.870)	-0.0180 (0.950)	-1.1213 (0.015)*
<b>Capital social y factores económicos</b>									
Superficie total de chacras (ha)	0.0844 (0.667)	0.0739 (0.729)	-0.3426 (0.297)	-0.3332 (0.133)	0.4183 (0.062)	0.5122 (0.008)*	0.0393 (0.904)	0.2727 (0.141)	-0.1059 (0.714)
Superficie de chacras cultivadas (ha)	-0.0547 (0.763)	-0.0356 (0.856)	0.3349 (0.263)	0.3274 (0.110)	-0.3614 (0.078)	-0.4300 (0.015)*	0.1443 (0.622)	-0.2456 (0.147)	0.1522 (0.569)
Existe demanda de sus cosechas	0.0604 (0.817)	-0.0927 (0.730)	-0.4340 (0.282)	0.0299 (0.920)	0.1133 (0.691)	0.0527 (0.828)	0.8897 (0.017)*	0.8794 (0.000)*	0.3343 (0.475)
Acceso a crédito	-0.0646 (0.838)	0.0059 (0.984)	-0.2342 (0.716)	0.1428 (0.655)	-0.2238 (0.504)	0.3551 (0.260)	0.0465 (0.917)	-0.1372 (0.619)	-0.5923 (0.217)
Comparte información	0.2423 (0.184)	0.1306 (0.496)	-0.1142 (0.683)	-0.3604 (0.078)	-0.0336 (0.866)	-0.1984 (0.242)	-0.2744 (0.390)	0.0105 (0.949)	-0.0789 (0.778)
Forma parte de asociación	0.2375 (0.626)	-0.1930 (0.680)	1.3283 (0.049)*	0.3439 (0.460)	0.2082 (0.666)	0.6125 (0.174)	-1.0900 (0.061)	-0.1348 (0.728)	1.2002 (0.071)
Almacena semillas de siembra	-0.0649 (0.882)	0.5549 (0.191)	-0.4984 (0.389)	-0.4476 (0.236)	0.2844 (0.521)	0.2740 (0.492)	-0.2207 (0.658)	0.6072 (0.072)	-0.6106 (0.177)
Siembra semillas certificadas	0.3527 (0.525)	1.2752 (0.041)*	-4.1212 (0.987)	-0.1596 (0.751)	0.4415 (0.496)	1.0534 (0.052)	-0.6902 (0.368)	-0.4862 (0.312)	0.5325 (0.405)
Índice de agrobiodiversidad (IDA)	-0.8528 (0.486)	1.0208 (0.444)	-1.6225 (0.418)	-1.3301 (0.347)	3.3989 (0.020)*	0.1024 (0.933)	2.7507 (0.191)	0.7682 (0.506)	4.1483 (0.025)*
Ingreso mensual promedio ( $\bar{x}$ , S/)	-0.0003 (0.317)	0.0004 (0.204)	0.0006 (0.207)	-0.0001 (0.753)	-0.0001 (0.866)	-0.0005 (0.084)	-0.0008 (0.186)	-0.0003 (0.344)	0.0001 (0.917)
<b>Acceso a mercados y servicio de extensión/capacitación</b>									
Distancia al mercado	0.0065 (0.838)	-0.0140 (0.674)	0.0358 (0.493)	-0.0271 (0.441)	-0.0085 (0.811)	-0.0285 (0.346)	0.0272 (0.618)	0.0057 (0.845)	-0.0796 (0.101)
Capacitación agrícola	-0.2214 (0.474)	0.0976 (0.746)	-0.4454 (0.400)	0.0503 (0.875)	-0.5702 (0.047)*	-0.4384 (0.138)	0.1085 (0.816)	0.0376 (0.885)	-1.1965 (0.079)
Comprende el cambio climático	-0.1982 (0.352)	-0.4937 (0.018)*	-1.0514 (0.060)	-0.1448 (0.537)	-0.1035 (0.645)	-0.1159 (0.574)	0.3487 (0.355)	-0.1984 (0.309)	0.2574 (0.404)

CW: gestión agrícola de agua, URW: Usa agua de lluvia, ZT/MT: Labranza mínima / labranza cero, AOV: Utiliza abono orgánico vegetal, AOA: Utiliza abono orgánico animal; CM: Cultivos mixtos, RC: Rotación de cultivos, SL: Siembra leguminosas, COM: Realiza compostaje. Datos representan coeficientes calculados y entre paréntesis el *p*-value. (\*) *p*-value significativo (*p*-value < 0.05).

**Cuadro 37: Resumen de los determinantes clave para la adopción de ACI en la cuenca Crisnejas**

<b>Variables</b>	<b>CW</b>	<b>URW</b>	<b>ZT/MT</b>	<b>AOV</b>	<b>AOA</b>	<b>CM</b>	<b>RC</b>	<b>SL</b>	<b>COM</b>
<b>Características del hogar (UA)</b>									
Altitud (msnm)	+			-		+	-		+
Zonas									
<i>Zona baja (referencia)</i>									
Zona media		+		+			+		-
Zona alta (>3000 msnm)	-	+							
Edad (años)			+		+				
Género									
<i>Femenino (referencia)</i>									
Masculino	+								
Tamaño de la familia									
Alfabetización jefa de UA									-
<b>Características de la tierra</b>									
Tenencia de la chacra									
<i>Alquilada (referencia)</i>									
Propia	+								
Fertilidad del suelo									
Profundidad del suelo					+			-	
Pendiente del terreno	+								
Distancia a la chacra (km)							+	-	
Acceso a riego									
<i>Secano (referencia)</i>									
Secano/riego									-
Riego					-				-
<b>Capital social y factores económicos</b>									
Superficie total (ha)						+			
Superficie cultivada (ha)									
Existe demanda de sus cosechas							+	+	
Acceso a crédito									
Comparte información									
Forma parte de asociación									
Almacena semillas para siembra									
Siembra semillas certificadas		+							
IDA					+				+
Ingreso mensual ( $\bar{x}$ , S/)									
<b>Acceso a mercados y servicio de extensión/capacitación</b>									
Distancia al mercado									
Capacitación agrícola					-				
Comprende el cambio climático		-							

RCW: regula o controla uso de agua, URW: Usa agua de lluvia, ZT/MT: Labranza mínima / labranza cero, AOV: Utiliza abono orgánico vegetal, AOA: Utiliza abono orgánico animal; CM: Cultivos mixtos, RC: Rotación de cultivos, SL: Siembra leguminosas, COM: Realiza compostaje. (+) y (-) representa una asociación significativa que puede ser positiva o negativa.

Sobre la variable género, esta tesis muestra que los hogares encabezados por hombres tienen más probabilidad de adoptar técnicas de gestión de agua, similar a los hallazgos de otros estudios en pequeños agricultores (Chandra 2017, Ardakani et al. 2019). Otros estudios reportaron que hogares encabezados por mujeres son más propensos a adoptar fertilizantes orgánicos que los hogares encabezados por hombres (Kpadonou *et al.* 2017). EL 8 por ciento de las UA estuvo encabezado por mujeres en este estudio, por ello se requiere un análisis más profundo con un número mayor de hogares encabezados por mujeres para arrojar más luz sobre evidencias del rol femenino en la adopción de tecnologías reportado en la literatura. En las otras opciones de ACI, la diferenciación por género no tiene impacto en la adopción.

Es más probable que jefes de hogar con mayor edad utilicen abono orgánico animal en sus cultivos (AOA) y apliquen labranza mínima y/o labranza cero (ZT/MT). Los jefes de hogar de mayor edad están menos familiarizados con tecnologías relativamente nuevas y/o alternativas como el uso de tractores, maquinaria pesada u otra opción (Maguza-Tembo et al. 2017).

Sobre las características de la tierra, la tenencia afecta a la adopción: es más probable que las UA con tierra propia apliquen alguna técnica de gestión de agua como recolección y/o conservación de agua a través de pozos o micro reservorios (RRW). Esta asociación positiva de la tenencia con ACI está de acuerdo con otros trabajos previamente reportados (Amadu et al. 2020, Ardakani et al. 2019). El acceso seguro de chacras a largo plazo sugiere que el beneficio de la inversión de adopción de ACI se acumula en el tiempo y podrá seguir siendo utilizado por la UA, caso cuando se trata de arrendamiento que no se asegura un beneficio a largo plazo.

La concepción de fertilidad de la tierra se asocia positivamente al uso de abono orgánico animal (AOA), sin embargo, las chacras concebidas poco fértiles presentan mayor probabilidad de sembrar leguminosas (SL). Una mayor pendiente en el nivel de las chacras favorece aplicar alguna técnica de gestión del agua (CW). Mientras que cuanto más grande es el área de sus chacras mayor es la probabilidad de adoptar CM. Las UA con chacras más grandes suelen criar más animales y sembrar específicamente cultivos para alimentar sus animales y ganado, por ello es más probable que utilicen abono orgánico en sus siembras, el abono es propio y también se obtiene comercialmente.

La demanda de las siembras afecta positivamente a la siembra de leguminosas (SL) y la adopción de RC, hallazgos que previamente también fueron reportados (Bedeke et al. 2019, Bell et al. 2018). La demanda del mercado ocasiona que los agricultores prioricen los cultivos que pueden vender de una temporada a otra y que se vende a mejor precio. Estudios previos muestran que la RC potencialmente reduce la incidencia de malezas y plagas, minimiza el riesgo de enfermedades (Wekesah et al. 2019, Imran et al. 2018) y mejora la fertilidad del suelo (Di Falco y Zoupanidou 2017). A largo plazo es importante para la agricultura familiar, los beneficios directos son menor variación de rendimiento y menor riesgo de mala cosecha (Di Falco y Zoupanidou 2017, Teklewold et al. 2019). El promedio de ingresos mensual de las UA, estimado a partir de sus recursos par venta y autoconsumo, no muestra asociación estadística con ninguna de las opciones de ACI.

La exposición a servicios de extensión agrícola influye negativamente en la adopción de prácticas agrícolas de uso de abono orgánico animal (AOA), lo sugiere que los hogares expuestos a la información no adoptan prácticas de ACI. El 13 por ciento de las UA recibió alguna capacitación relacionada a agricultura, sin embargo, esto no significo una influencia positiva sobre adaptar practicas ACI. Por el contrario, estas capacitaciones han influido negativamente sobre el uso de AOA, sugiriendo que se optó otro tipo de fertilizantes inorgánicos, los cuales de promueven a nivel nacional y son de uso generalizado en la cuenca.

Por otro lado, el nivel de agrobiodiversidad medido con el IDA se asocia positivamente la generación de abono orgánico a través de COM y el uso de abono orgánico animal (AOA). No hay asociación significativa con ninguna de las otras opciones de ACI. Las UA con mayor diversidad vegetal y animal disponen de mayor variedad de especies para aplicar el compostaje. Sin embargo, tal como se describió en el capítulo 4.1 el nivel de agrobiodiversidad en la cuenca en promedio es bajo llegando a ser ineficiente y distante de la sostenibilidad agroecológica.

En este estudio, tal como se ha mostrado con en el análisis AMP, el portafolio de prácticas agrícolas climáticamente inteligentes presentó una asociación heterogénea para cada tipo de práctica de ACI. Las condiciones diversas en cuanto a disponibilidad de recursos como agua y altitud determinan en gran medida la adopción de ACI.

#### 4.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA INTENSIDAD DE ADOPCIÓN DE LA AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE (ACI)

En la sección anterior, Se analizó los elementos y factores que influyen en la decisión de una UA de adoptar una práctica ACI en particular, teniendo en cuenta que esta decisión puede implicar la adopción de una o más prácticas. Sin embargo, este análisis no permite comprender los factores que llevan a los agricultores a optar por combinar varias de estas opciones de ACI. En esta sección se analiza los determinantes de la intensidad de adopción de prácticas de CSA, definidas como el número de prácticas adoptadas (Cuadro 38).

Los agricultores han adoptado múltiples ACI en el área de estudio, aunque la intensidad de adopción varía tal como se reporta en el Cuadro 38. Para evaluar los factores que explican la intensidad de adopción de opciones de ACI se estimó un modelo probit ordenado. De las nueve opciones de ACI, el número máximo de opciones aplicadas en el mismo hogar es nueve (Cuadro 38). Una cuestión importante de este modelo es que se presenta los efectos marginales cuando la variable de resultado (número de opciones de ACI adoptadas) toma valores de cero (equivalente a “sin adopción”), dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho y nueve respectivamente. El estadístico chi-cuadrado para el modelo probit ordenado econométrico calculado es estadísticamente significativo ( $LR\ chi^2(25) = 82.47; Prob > \chi^2 = 0.000$ ) y rechaza la hipótesis nula (todos los coeficientes de pendiente son iguales a cero) (Cuadro 39). El Cuadro 39 presenta los coeficientes estimados del probit ordenado realizado para este fin, mientras que en el Cuadro 40 se reporta los efectos marginales de las variables independientes sobre cada resultado de la variable dependiente.

**Cuadro 38: Intensidad de la adopción de opciones de ACI**

Nº de opciones de ACI	Frecuencia (n)	Porcentaje (porcentaje)	Porcentaje acumulado (porcentaje)
1	0	0.0	0.0
2	8	2.4	2.35
3	40	11.8	14.12
4	86	25.3	39.41
5	94	27.7	67.06
6	77	22.7	89.71
7	30	8.8	98.53
8	3	0.9	99.41
9	2	0.6	100
10	0	0.0	0.0
Total	340	100.00	

ACI: Agricultura climáticamente inteligente

**Cuadro 39: Estimaciones del modelo probit ordenado**

Variables	Coefficiente	Error estándar	P >  z	[95 por ciento IC]
<b>Características del hogar (UA)</b>				
Altitud (msnm)	0.0003	0.0003	0.288	0.000-0.001
Zonas				
<i>Zona baja (referencia)</i>				
Zona media (2500-3000 msnm)	0.7050	0.2395	0.003*	0.236-1.174
Zona alta (>3000 msnm)	0.4611	0.3214	0.151	-0.169-1.091
Edad (años)	0.0127	0.0051	0.012*	0.003-0.023
Género				
<i>Femenino (referencia)</i>				
Masculino	-0.0511	0.2048	0.803	-0.452-0.350
Tamaño de la familia	0.0114	0.0230	0.620	-0.034-0.056
Nivel educativo, jefe de UA				
<i>Sin educación (referencia)</i>				
Inicial	-0.2387	0.2174	0.272	-0.665-0.187
Primaria incompleta	-0.2053	0.2242	0.360	-0.645-0.234
primaria completa	-0.1279	0.2064	0.536	-0.532-0.277
Secundaria incompleta	-0.2118	0.2111	0.316	-0.626-0.202
Secundaria completa	-0.2867	0.2160	0.184	-0.710-0.137
Superior no univ. Incom.	-0.2726	0.3723	0.464	-1.002-0.457
<b>Características de la tierra</b>				
Tenencia de la chacra				
<i>Alquilada (referencia)</i>				
Propia	0.4202	0.2292	0.007*	0.029-1.869
Fertilidad del suelo	0.2576	0.2053	0.210	-0.145-0.660
Profundidad del suelo	-0.1751	0.2056	0.395	-0.578-0.228
Pendiente del terreno	-0.0418	0.1707	0.806	-0.376-0.293
Distancia a la chacra (km)	-0.0148	0.0332	0.655	-0.080-0.050
Acceso a riego				
<i>Secano (referencia)</i>				
Secano/riego	0.3512	0.2240	0.117	-0.088-0.790
Riego	0.3384	0.2319	0.145	-0.116-0.793
<b>Capital social y factores económicos</b>				
Superficie total (ha)	0.2292	0.1446	0.113	-0.054-0.513
Superficie cultivada (ha)	-0.1528	0.1329	0.250	-0.413-0.108
Demanda de sus cosechas	0.3780	0.1850	0.041*	0.015-0.741
Acceso a crédito	-0.0583	0.2147	0.786	-0.479-0.362
Comparte información	-0.0325	0.1289	0.801	-0.285-0.220
Forma parte de asociación	0.3468	0.3164	0.273	-0.273-0.967
Almacena semillas para siembra	0.1984	0.2788	0.477	-0.348-0.745
Siembra semillas certificadas	0.3468	0.3686	0.347	-0.376-1.069
IDA	0.6134	0.9259	0.508	-1.201-2.428
Ingreso mensual ( $\bar{x}$ , S/)	0.3456	0.0002	0.017*	-0.001-1.220
<b>Acceso a mercados y servicio de extensión/capacitación</b>				
-				
Distancia al mercado	-0.0204	0.0231	0.377	-0.066-0.025
Capacitación agrícola	-0.2280	0.2043	0.264	-0.629-0.172
Comprende el cambio climático	-0.2747	0.1689	0.104	-0.606-0.056
<b>Estadísticas del modelo</b>				
Numero de observaciones				340
LR chi 2(25)				82.47
Prob > chi2				0.0000
Log likelihood				-525.08331

Los resultados muestran que algunos factores influyen en el número de prácticas de ACI utilizadas por las UA. El análisis global muestra que las características de la zona media de la cuenca, la edad del jefe de hogar, la tenencia de la tierra, la demanda del mercado y el mayor ingreso económico favorece la intensificación de prácticas de ACI utilizadas en las parcelas (Cuadro 39).

Las UA ubicadas en la zona media tienen más probabilidades de intensificar el uso de prácticas de ACI que los hogares ubicados en la zona baja de la cuenca. La tenencia de la tierra también fue muy significativa, lo que sugiere que la tenencia segura de la tierra es un factor de incentivo para intensificar e invertir más en el uso de prácticas de ACI. La edad también es un factor importante para aplicar un mayor número de opciones de ACI, tal como reportó Ardakani et al. (2019). En cuanto al aspecto económico, los hogares más ricos, es decir, con mayores ingresos tienen más probabilidades de adoptar más prácticas de ACI. La evidencia en el Cuadro 41, indica además que esta relación es significativa únicamente en la zona alta de la cuenca. La demanda del mercado impacta positivamente sobre la intensificación de prácticas de ACI.

Los efectos marginales se muestran en el Cuadro 40. Se puede contrastar dos grupos de datos: para  $j < 5$ , los efectos particularmente con respecto a sus signos (-), son opuestos a los reportados con  $j > 5$  (+). Por ejemplo, en la zona media la probabilidad de adoptar dos, tres y cuatro opciones de ACI es menor en tres, nueve y nueve puntos porcentuales, respectivamente; sin embargo, en la misma zona media comparado con la zona baja, la probabilidad de adoptar seis y siete opciones de ACI es mayor en diez y ocho puntos porcentuales. Estos resultados pueden indicar que las características de las UA que adoptan pocas prácticas de ACI son diferentes de las de aquellos que adoptan muchas prácticas.

Siendo que la altitud reflejada a través de las zonas de la cuenca es uno de los factores determinantes sobre la intensidad de adopción de ACI, se realizó un análisis separando y agrupando los datos por zonas de la cuenca (Cuadro 41).

En la cuenca baja el tamaño de la familia es un factor determinante de la intensidad de adopción de ACI. También aumentar la distancia a las chacras tiene un efecto negativo sobre la probabilidad de adoptar una, dos, tres y cinco opciones de ACI. Las parcelas de mayor tamaño también tienen una asociación positiva con la intensidad de la adopción, lo que indica que la fragmentación de la tierra puede ser un factor limitante para la adopción de ACI: la probabilidad de adopción es mayor en una hasta ocho opciones de ACI (Cuadro 41).



**Cuadro 40: Efectos marginales estimados de las variables independientes sobre cada resultado de la variable dependiente**

Variables	dy/dx (j = 2)	dy/dx (j = 3)	dy/dx (j = 4)	dy/dx (j = 5)	dy/dx (j = 6)	dy/dx (j = 7)	dy/dx (j = 8)	dy/dx (j = 9)
<b>Características del hogar (UA)</b>								
Altitud (msnm)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
Zonas								
<i>Zona baja (referencia)</i>								
Zona media (2500-3000 msnm)	-0.0335*	-0.0996*	-0.0996*	0.0112	0.1098*	0.0877*	0.0129	0.0111
Zona alta (>3000 msnm)	-0.0219	-0.0653	-0.0653	0.0074	0.0720	0.0575	0.0084	0.0073
Edad (años)	-0.0006*	-0.0018*	-0.0018*	0.0002	0.0020*	0.0016*	0.0002	0.0002
Genero	0.0025	0.0073	0.0073	-0.0008	-0.0081	-0.0065	-0.0009	-0.0008
Tamaño de la familia	-0.0005	-0.0016	-0.0016	0.0002	0.0018	0.0014	0.0002	0.0002
Nivel educativo, jefe de UA								
<i>Sin educación (referencia)</i>								
Inicial	0.0115	0.0343	0.0343	-0.0039	-0.0378	-0.0302	-0.0044	-0.0038
Primaria incompleta	0.0099	0.0295	0.0295	-0.0033	-0.0325	-0.0260	-0.0038	-0.0033
primaria completa	0.0062	0.0184	0.0184	-0.0021	-0.0202	-0.0162	-0.0024	-0.0021
Secundaria incompleta	0.0102	0.0304	0.0304	-0.0034	-0.0335	-0.0268	-0.0039	-0.0034
Secundaria completa	0.0138	0.0412	0.0412	-0.0046	-0.0454	-0.0363	-0.0053	-0.0046
Superior no univ. Incom.	0.0131	0.0391	0.0392	-0.0044	-0.0431	-0.0345	-0.0051	-0.0044
<b>Características de la tierra</b>								
Tenencia de la chacra								
<i>Alquilada (referencia)</i>								
Propia	-0.0203	-0.0603*	-0.0604	0.0068*	0.0665	0.0531*	0.0078*	0.0067

<<continuación>>

Fertilidad del suelo	-0.0124	-0.0370	-0.0370	0.0042	0.0408	0.0326	0.0048	0.0041
Profundidad del suelo	0.0084	0.0251	0.0251	-0.0028	-0.0277	-0.0221	-0.0033	-0.0028
Pendiente del terreno	0.0020	0.0060	0.0060	-0.0007	-0.0066	-0.0053	-0.0008	-0.0007
Distancia a la chacra (km)	0.0007	0.0021	0.0021	-0.0002	-0.0023	-0.0019	-0.0003	-0.0002
<b>Acceso a riego</b>								
<i>Secano (referencia)</i>								
Secano/riego	-0.0169	-0.0504	-0.0504	0.0057	0.0556	0.0444	0.0065	0.0056
Riego	-0.0163	-0.0486	-0.0486	0.0055	0.0535	0.0428	0.0063	0.0054
<b>Capital social y factores económicos</b>								
Superficie total (ha)	-0.0111	-0.0329	-0.0329	0.0037	0.0363	0.0290	0.0043	0.0037
Superficie cultivada (ha)	0.0074	0.0219	0.0219	-0.0025	-0.0242	-0.0193	-0.0028	-0.0025
Demanda de sus cosechas	-0.0182	-0.0543*	-0.0543*	0.0061	0.0598*	0.0478*	0.0070	0.0061
Acceso a crédito	0.0028	0.0084	0.0084	-0.0009	-0.0092	-0.0074	-0.0011	-0.0009
Comparte información	0.0016	0.0047	0.0047	-0.0005	-0.0051	-0.0041	-0.0006	-0.0005
Forma para de asociación	-0.0167	-0.0498	-0.0498	0.0056	0.0549	0.0439	0.0064	0.0056
Almacena semillas de siembra	-0.0096	-0.0285	-0.0285	0.0032	0.0314	0.0251	0.0037	0.0032
Semillas certificadas	-0.0167	-0.0498	-0.0498	0.0056	0.0549	0.0439	0.0064	0.0056
Índice de agrobiodiversidad (IDA)	-0.0296	-0.0881	-0.0881	0.0099	0.0970	0.0776	0.0114	0.0098
Ingreso mensual ( $\bar{x}$ , S/)	-0.0200*	-0.0315*	0.0000	0.0000	0.0164*	0.0205*	0.0330*	0.0000
<b>Acceso a mercados y servicio de extensión/capacitación</b>								
Distancia al mercado	0.0010	0.0029	0.0029	-0.0003	-0.0032	-0.0026	-0.0004	-0.0003
Capacitación agrícola	0.0110	0.0327	0.0328	-0.0037	-0.0361	-0.0288	-0.0042	-0.0037
Comprende el cambio climático	0.0133	0.0395	0.0395	-0.0044	-0.0435	-0.0347	-0.0051	-0.0044

(\*): dy/dx con valores estadísticamente significativos (p-value < 0.05)

**Cuadro 41: Resumen de los determinantes clave para la intensidad de adopción de ACI en las zonas de la cuenca Crisnejas**

<b>Variabes</b>	<b>Zona baja (&lt;2500 msnm)</b>	<b>Zona media (2500-3000 msnm)</b>	<b>Zona alta (&gt;3000 msnm)</b>
<b>Características del hogar (UA)</b>			
Altitud (msnm)			
Edad (años)			
Género			
<i>Femenino (referencia)</i>			
Masculino			
Tamaño de la familia	+		
Nivel educativo, jefe de UA			
<i>Sin educación (referencia)</i>			
Inicial			
Primaria incompleta			
primaria completa			
Secundaria incompleta		+	
Secundaria completa		+	
Superior no univ. Incom.			
<b>Características de la tierra</b>			
Tenencia de la chacra			
<i>Alquilada (referencia)</i>			
Propia			
Fertilidad del suelo			
Profundidad del suelo			
Pendiente del terreno			
Distancia a la chacra (km)	+		
Acceso a riego			
<i>Secano (referencia)</i>			
Secano/riego			-
Riego			
<b>Capital social y factores económicos</b>			
Superficie total (ha)	-		
Superficie cultivada (ha)	+		
Demanda de sus cosechas			-
Acceso a crédito			
Comparte información			
Forma parte de asociación	-		
Almacena semillas para siembra	-	+	
Siembra semillas certificadas			
IDA	-		
Ingreso mensual ( $\bar{x}$ , S/)			+
<b>Acceso a mercados y servicio de extensión/capacitación</b>			
Distancia al mercado			+
Capacitación agrícola			
Comprende el cambio climático			

(+) y (-) representa una asociación significativa que puede ser positiva o negativa.

En la zona media, en comparación con los jefes de hogar que no saben leer ni escribir, la probabilidad de adoptar al menos dos, cinco y siete opciones de ACI será mayor, entre los jefes de hogar con secundaria incompleta y completa.

En la cuenca alta, la distancia al mercado influye significativamente de manera positiva en la intensidad de adopción de ACI de una, dos, tres y cinco opciones de ACI. Sin embargo, el incremento de la demanda y la disponibilidad de agua disminuyen la probabilidad de adopción de seis, siete y ocho opciones de ACI (Cuadro 40).

En este estudio, tal como se ha mostrado con en el análisis AMP, el portafolio de prácticas agrícolas climáticamente inteligentes presentó una asociación heterogénea para cada tipo de práctica de ACI. Las condiciones diversas en cuanto a disponibilidad de recursos como agua y altitud determinan en gran medida la adopción de ACI.

Las prácticas agrícolas de gestión del agua (CW) ofrecen una de las mejores estrategias para adaptar la producción agrícola al cambio climático y la variabilidad de condiciones porque mejoran el equilibrio, la disponibilidad, la infiltración y la retención del agua en el suelo; reducen la pérdida de agua por escorrentía y evaporación; y mejorar la calidad y disponibilidad de agua subterránea y superficial (Kpadonou et al. 2017, Amadu et al. 2020). En la cuenca se observó que los micro reservorios vienen siendo impulsado en la última década, con una cantidad aproximado del 10 por ciento de las UA que disponen de pequeños reservorios, esta estrategia está acompañado de técnicas de riego, drenaje y control de agua logrando la estabilidad de cultivos al mantener las condiciones del suelo cercanas a las óptimas para el crecimiento de los cultivos. Según Kpadonou et al. (2017) esta práctica de gestión de agua es adecuada para responder a las limitaciones agroecológicas clave de los patrones de lluvias escasas y las condiciones climáticas más cálidas.

La práctica de rotación de cultivos (RC) o también denominada diversificación de cultivos es una práctica tradicional en las UA familiares de la cuenca Crisnejas. Esta es una de las opciones de ACI más utilizadas en la cuenca (89.7 por ciento de UA) y ofrece beneficios de mejora en la fertilidad del suelo y la capacidad de retención de agua (Teklewold et al. 2013). Además, otro beneficio económico inherente a RC es que permite estabilizar los ingresos agrícolas a lo largo del tiempo equilibrando el impacto de las fluctuaciones de precios (Ghimire et al. 2022, Hrabanski y Le Coq 2022). Es importante hacer notar que, si existe disponibilidad de agua para riego, las UA familiares tienden a no aplicar RC, obteniendo a largo plazo consecuencias negativas sobre la fertilidad del suelo. La evidencia de AMP

muestra que la rotación de los cultivos se asocia a la demanda temporal del mercado, es decir, se opta por sembrar cultivos de mayor valor.

La siguiente práctica es la labranza mínima (ZT/MT), definida como cultivar sin perturbar el suelo, entendiéndose para este estudio como labranza reducida (solo una pasada de arado) o labranza cero. Esta práctica es de las menos frecuentes en la cuenca, alrededor del 7 por ciento de UA familiares lo aplica. Esta práctica tradicional fue ampliamente desplazada por alternativas mecánicas, sobre todo uso de tractor. Informantes clave de las agencias agrarias estiman que el 90 por ciento de las UA aplican uso de tractor. Lamentablemente, se ha dejado de lado el beneficio inherente de ZT/MT, ya que puede lograr simultáneamente tanto los objetivos de adaptación como de mitigación, a través de una mejor salud del suelo, una mejor aireación del suelo, el secuestro de carbono y mejor fertilidad del suelo y capacidad de retención de agua (Aryal et al. 2015, Teklewold et al. 2013).

El uso de abono orgánico en la cuenca es principalmente de origen animal (AOA) y se refiere a la aplicación de los desechos del ganado en la parcela de cultivo. Esta práctica es tradicional, pero en los últimos años se han diversificado los tipos de desechos de animales, incrementándose el uso de estiércol de pollos. El uso de abono orgánico puede tener efectos tanto de mitigación como de adaptación al cambio climático. Es el componente principal de un sistema agrícola sostenible, con los beneficios potenciales del mantenimiento a largo plazo de la fertilidad del suelo, mediante el suministro de nutrientes, especialmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (Enahoro et al. 2018, Rojas-Downing et al. 2017). A pesar de que esta práctica se aplica en el 83.5 por ciento de las UA, la mayoría también complementan utilizando abono de tipo inorgánico como urea (el fertilizante más popular) y otros fertilizantes inorgánicos.

Por último el mayor nivel de agrobiodiversidad se mostró como un determinante clave para adoptar opciones de ACI. Este componente de los agroecosistemas puede amortiguar los efectos ambientales negativos y puede apoyar la resiliencia de las UA, a pesar, sin embargo, de que no encontramos una correlación positiva con la generación de ingresos. Por lo tanto, los agroecosistemas más diversos (mayor IDA) parecen más aptos y capaces de hacer frente a la aleatoriedad del clima y otras fuentes de impactos relacionados al cambio climático.

#### **4.4. PERSPECTIVAS SOBRE POLÍTICAS PÚBLICAS A PARTIR DE ESTA INVESTIGACIÓN**

La política nacional puede influir en los comportamientos y prácticas sobre agrobiodiversidad y agricultura climáticamente inteligente. Además, un liderazgo fuerte de las políticas es capaz de crear sinergias entre las diversas iniciativas e implementar un plan de acción. Estas estrategias necesitan ser abordados directamente por los científicos y los formuladores de políticas. Las intervenciones de CSA se han implementado con éxito en todo el mundo, en diferentes realidades locales, por lo que la metodología cada vez esta siendo más difundida. Según la FAO (2021) existen cinco puntos de acción como una metodología para implementar el enfoque de ACI a escala nacional: 1) expandir la base de evidencia para CSA, 2) apoyar marcos de políticas favorables, 3) fortalecer instituciones nacionales y locales, 4) mejorar el financiamiento y las opciones de financiamiento, y 5) implementar prácticas de CSA a nivel de campo. Sin embargo, es importante tomar en cuenta el escenario a pequeña escala, la implementación de ACI debe lograr un impacto a nivel de pequeña agricultura en el país.

En Perú, los esfuerzos de acciones y políticas se toman en diferentes niveles, la decisión de aplicar las opciones de ACI que abordan el cambio climático se toman a nivel del hogar agrícola familiar. Por lo tanto, los formuladores de políticas deben tomar en cuenta que varios factores influyen en la adopción de ACI: las zonas de la cuenca, la capacitación, el tamaño de sus chacras, la fertilidad del suelo, la demanda del mercado y el acceso al crédito, y el acceso a la información. La mayoría de estos factores deben proporcionarse a nivel local, y para ello se requiere la participación de múltiples partes interesadas a nivel local, incluidos agricultores, agrupaciones y asociaciones de agricultores, instituciones de investigación agrícola como las universidades y/o colegios, y los proveedores de servicios. Se ha demostrado que el apoyo institucional es fundamental para lograr la adopción de ACI a gran escala (Amadu et al. 2020).

Mejorar el acceso a fuentes de información sobre las opciones de ACI es esencial para reducir las emisiones de GEI de la agricultura. Las opciones de ACI como rotación de cultivos y siembra de leguminosas aumentan la eficiencia en el uso de nitrógeno puede reducir sustancialmente las emisiones de la agricultura.

Asociado a la tarea de abordar la pobreza y seguridad alimentaria, se recomienda aumentar la conciencia de la agricultura familiar sobre las opciones de ACI. Los resultados de esta

tesis suman a la comprensión de los impulsores sociales y económicos que contribuyen a la adopción de múltiples opciones de ACI. Se recomienda el desarrollo de un plan nacional sobre agricultura climáticamente inteligente que permita dirigir los esfuerzos a nivel nacional y local.

En otras regiones del mundo se han encontrado que una mayor promoción de las innovaciones CSA es vital en un intento por mejorar la resiliencia y mitigación al cambio climático. Por ello, por ejemplo, una política de ACI puede considerar la adopción de variedades mejoradas de cultivos de leguminosas y cereales resistentes a la sequía, las plagas y las enfermedades. Las variedades de leguminosas mejoradas son muy importantes para el manejo de la nutrición del suelo, el manejo del estrés (humedad, calor, enfermedades y plagas), mientras que las variedades de maíz tolerantes a la sequía son muy importantes para el manejo del estrés hídrico (sequía), entre otros beneficios. Sin embargo, adoptar más de una de las innovaciones para el pequeño agricultor o agricultor familiar puede demandar recursos adicionales, lo que a menudo es una gran limitación para los pequeños agricultores de bajos recursos en el interior del país.

Un aspecto transversal e importante en la producción agropecuaria es el acceso a riego. Mucho más en los últimos años la ocurrencia de sequías y efectos adversos del cambio climático ha resultado en un mayor énfasis en el desarrollo de riego a nivel de cuencas en el Perú. Existe la necesidad de considerar el riego en el contexto amplio de las cuencas, de manera que los nuevos esquemas contribuyan al avance socioeconómico de las poblaciones en las zonas de cuenca además de cumplir con criterios económicos específicos. El riego también debe encajar en una estrategia de desarrollo de agricultura sostenible y ambientalmente apropiado. Por lo tanto, una política de riego incluido en el tema de ACI es necesaria y debe vincularse con políticas que abarquen otros sectores.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo con el propósito de esta investigación se evaluó la agricultura climática inteligente (ACI) y de la agricultura familiar en la cuenca “Crisnejas”. A través del índice de diversidad general del agroecosistema ( $IDA = 0.45$ ) se caracterizó a una agro diversidad familiar deficiente en la cuenca y muestra un distanciamiento de la sostenibilidad agroecológica. Se enfatiza la necesidad de incrementar la biodiversidad asociada a la agricultura de forma equitativa, enfocada a convertir el agroecosistema en un sistema integral, funcional y equilibrado, desde el punto de vista económico, ecológico y sociocultural. Los componentes de IDA en la cuenca Crisnejas priorizaron las especies asociadas a la alimentación humana y animal (IFE e IFER) y fueron los menos eficientes la diversidad asociada al cuidado y mantenimiento de la tierra (IAVA) y la biodiversidad complementaria con función no alimenticia (ICOM). Los jefes de hogar no mostraron ningún interés en sembrar otros cultivos que no signifique algún beneficio que no sea económico o alimenticio para su hogar.

Sobre agricultura climáticamente inteligente (ACI) se utilizó modelos probit multivariado y probit ordenado de efectos aleatorios para identificar los factores que facilitan o impiden la adopción de dichas prácticas y el número de prácticas de adaptación utilizadas. Los resultados demuestran que existe una fuerte complementariedad entre las prácticas de ACI. Los agricultores en la cuenca Crisnejas adoptaron estas prácticas como complementos o paquetes, la decisión de aplicar una opción de ACI estuvo condicionada a la elección de otra opción. Las características de las UA, incluidos altitud, género, la educación, la edad, la tenencia de la tierra, fertilidad del suelo, distancia al mercado el riego, la demanda y el IDA fueron los factores claves que afectan la decisión de adoptar prácticas de ACI y son relevantes para políticas locales. Se encontró que las capacitaciones no tienen actualmente un impacto positivo en ACI para los agricultores. Además, se deben usar las herramientas de comunicación para compartir y promover el conocimiento sobre el uso de ACI para combatir el desafío global del cambio climático.

Características de las UA que adoptan pocas prácticas de ACI son diferentes de las de aquellos que adoptan muchas prácticas, esto determina la relación negativa y positiva con las variables estudiadas. Las variables de edad, altitud, tenencia de la tierra, demanda e ingreso mensual disminuyen la probabilidad de adoptar menos de cinco opciones de ACI;



sin embargo, estas mismas variables incrementan la probabilidad de adoptar paquetes de opciones de más de cinco.

Los resultados indican además que la agrobiodiversidad amortiguó los efectos ambientales negativos y apoyó la resiliencia de las UA a los efectos del cambio climático. ACI hace una contribución crucial para ayudar a abordar los impactos potenciales del cambio climático en la agricultura del Perú, pero se necesitan reformas y políticas más amplias para permitir la adopción de opciones de ACI en los hogares familiares.

## VI. RECOMENDACIONES

Para mejorar la demanda de opciones de agricultura climáticamente inteligente se debe promover la necesidad de que las organizaciones de agricultores compartan información agrícola. Además, se debe alentar a los agricultores a incluir todas las opciones ACI en sus operaciones tanto como sea posible. Los jefes de hogar o responsables del manejo de la tierra deben aprender sobre la importancia de ACI y sobre todo los riesgos del cambio climático.

Se recomienda incluir el aspecto cuantitativo a largo plazo, tal como se han desarrollado en otras regiones del mundo. ACI puede implementarse, sin embargo, depende de los actores locales el impacto que puede tener en diferentes niveles. Por ejemplo, un estudio futuro puede incluir cuantificar el impacto de ACI a nivel de emisiones en determinados cultivos intensivos e incluso en pequeñas unidades agropecuarias del Perú. Existen además otras innovaciones ACI que pueden aplicarse a nivel de cuenca en pequeña agricultura. Por ejemplo, el uso de variedades de plantas mejoradas resistentes a la sequía, las plagas y las enfermedades.

Investigaciones futuras pueden llevarse a cabo para analizar el potencial de adoptar prácticas ACI en unidades agropecuarias más grandes. Las opciones de ACI también se aplican en parcelas intensivas de capital con acceso a mayor capital. Los profesionales del campo relacionados a ACI deberían considerar evaluar de manera cuantitativa y en el tiempo los efectos de mitigación de las opciones de ACI a nivel de agricultura familiar en regiones andinas del país.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdulai, I; Jassogne, L; Graefe, S; Asare, R; Van Asten, P; Läderach, P; Vaast, P. 2018. Characterization of cocoa production, income diversification and shade tree management along a climate gradient in Ghana. PLoS ONE 13(4):1-17. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195777>.

Abdu-Raheem, KA; Worth, SH. 2013. Food security and biodiversity conservation in the context of sustainable agriculture: the role of agricultural extension. South African Journal of Agricultural Extension 41(1):1-17. DOI: <https://doi.org/10.4314/sajae.v41i1>.

Adams, WM; Aveling, R; Brockington, D; Dickson, B; Elliott, J; Hutton, J; Roe, D; Vira, B; Wolmer, W. 2004. Biodiversity conservation and the eradication of poverty. s.l., s.e., vol.306. p. 1146-1149 DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1097920>.

Adhikari, YP; Fischer, A; Fischer, HS; Rokaya, MB; Bhattarai, P; Gruppe, A. 2017. Diversity, composition and host-species relationships of epiphytic orchids and ferns in two forests in Nepal (en línea). Journal of Mountain Science 2017 14:6 14(6):1065-1075. DOI: <https://doi.org/10.1007/S11629-016-4194-X>.

AECID. 2018. Lecciones aprendidas sobre agricultura resiliente al cambio climático para contribuir a la seguridad alimentaria y al derecho a la alimentación en América (en línea). Madrid, s.e. Disponible en [www.aecid.es](http://www.aecid.es).

Altieri, M a; Nicholls, CI. 2012. Agroecology Scaling Up for Food Sovereignty and Resiliency (en línea). Sustainable Agriculture Reviews 11:1-29. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5449-2>.

Altieri, MA; Nicholls, CI. 2017. The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. Climatic Change 140(1):33-45. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0909-y>.

Amadu, FO; McNamara, PE; Miller, DC. 2020. Understanding the adoption of climate-smart agriculture: A farm-level typology with empirical evidence from southern Malawi. *World Development* 126:104692. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104692>.

ANA; MINAM. 2016. Evaluación de Recursos Hídricos de doce cuencas hidrográficas del Perú. 7. Lima, s.e. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

Ardakani, Z; Bartolini, F; Brunori, G. 2019. Economic modeling of climate-smart agriculture in Iran. *New Medit* 2019(1):29-40. DOI: <https://doi.org/10.30682/nm1901c>.

Arslan, A; Ju, J; Lipper, L; Tuong, TT. 2014. Evidence and Knowledge Gaps on Climate Smart Agriculture in Vietnam: A Review on the Potential of Agroforestry and Sustainable Land Management in the Northern Mountainous Region. (October).

Arslan, A; Mccarthy, N; Lipper, L; Asfaw, S; Cattaneo, A; Kokwe, M. 2015. Climate Smart Agriculture? Assessing the Adaptation Implications in Zambia. *Journal of Agricultural Economics* 66(3):753-780. DOI: <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12107>.

Aryal, JP; Jat, ML; Sapkota, TB; Khatri-Chhetri, A; Kassie, M; Rahut, DB; Maharjan, S. 2018. Adoption of multiple climate-smart agricultural practices in the Gangetic plains of Bihar, India. *International Journal of Climate Change Strategies and Management* 10(3):407-427. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-02-2017-0025>.

Aryal, JP; Rahut, DB; Jat, ML; Maharjan, S; Erenstein, O. 2018. Factors determining the adoption of laser land leveling in the irrigated rice–wheat system in Haryana, India (en línea). *Journal of Crop Improvement* 32(4):477-492. DOI: <https://doi.org/10.1080/15427528.2018.1457584>.

Aryal, JP; Rahut, DB; Maharjan, S; Erenstein, O. 2018. Factors affecting the adoption of multiple climate-smart agricultural practices in the Indo-Gangetic Plains of India. *Natural Resources Forum* 42(3):141-158. DOI: <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12152>.

Aryal, JP; Rahut, DB; Sapkota, TB; Khurana, R; Khatri-Chhetri, A. 2020. Climate change mitigation options among farmers in South Asia (en línea). *Environment, Development and Sustainability* 22(4):3267-3289. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00345-0>.

Aryal, JP; Sapkota, TB; Jat, ML; Bishnoi, DK. 2015. On-farm economic and environmental impact of zero-tillage wheat: A case of North-West India. *Experimental Agriculture* 51(1):1-16. DOI: <https://doi.org/10.1017/S001447971400012X>.

Aryal, JP; Sapkota, TB; Khurana, R; Khatri-Chhetri, A; Rahut, DB; Jat, ML. 2019. Climate change and agriculture in South Asia: adaptation options in smallholder production systems (en línea). s.l., Springer Netherlands. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00414-4>.

Asencios, R; Cornejo, G; Cosavalente, I; Espejo, N; López, B. (2020). Actividad económica: Febrero 2020. Resumen (en línea). Lima, s.e. Disponible en <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Notas-Estudios/2020/nota-de-estudios-28-2020.pdf>.

Asfaw, S; Coromaldi, M; Lipper, L. 2015. Adaptation to climate risk and food security: Evidence from smallholder farmers in Ethiopia (en línea). *Fao (February)*:1-50. Disponible en [file:///Articles/2015/Asfaw/FAO 2015 Asfaw-2.pdf](file:///Articles/2015/Asfaw/FAO%2015%20Asfaw-2.pdf).

Asfaw, S; Mccarthy, N; Lipper, L; Arslan, A; Cattaneo, A; Kachulu, M. 2014. Climate variability, adaptation strategies and food security in Malawi. Roma, s.e.

Ashraf, I; Ahmad, I; Nafees, M; Muhammad, M; Ahmad, B. 2016. A review on organic farming for sustainable agricultural production. *Pure and Applied Biology* 5(2):277-286. DOI: <https://doi.org/10.19045/bspab.2016.50036>.

Asseffa, W. 2016. Agrobiodiversity conservation practices and gender consideration in Sinana district, southeastern Ethiopia. s.l., International Livestock Research Institute /ILRI. 20-22 p. DOI: <https://doi.org/10.1044/leader.ppl.21092016.20>.

Banco Mundial. 2023. Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita) - Peru | Data (en línea, sitio web). Consultado 25 ene. 2023. Disponible en <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?locations=PE>.

Banco Mundial; CIAT; CATIE. 2015. Agricultura Climáticamente Inteligente en el Perú. Washington, s.e.

Beach, R; Adams, D; Alig, R; Baker, J; Latta, G; McCarl, BA; Murray, B; Rose, S; White, E. 2010. Model documentation for the Forest and Agricultural Sector Optimization Model with Greenhouse Gases (FASOMGHG). Washington, s.e.

Bedeke, S; Vanhove, W; Gezahegn, M; Natarajan, K; Van Damme, P. 2019. Adoption of climate change adaptation strategies by maize-dependent smallholders in Ethiopia (en línea). *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 88(January 2018):96-104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.njas.2018.09.001>.

Bell, AR; Cheek, JZ; Mataya, F; Ward, PS. 2018. Do as they did: Peer effects explain adoption of conservation agriculture in Malawi. *Water* 10(51):16. DOI: <https://doi.org/10.3390/w10010051>.

Bianchi, FJJA; Mikos, V; Brussaard, L; Delbaere, B; Pulleman, MM. 2013. Opportunities and limitations for functional agrobiodiversity in the European context (en línea). *Environmental Science and Policy* 27:223-231. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.12.014>.

Blaser, WJ; Opong, J; Hart, SP; Landolt, J; Yeboah, E; Six, J. 2018. Climate-smart sustainable agriculture in low-to-intermediate shade agroforests (en línea). *Nature Sustainability* 1(5):234-239. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0062-8>.

Branca, G; McCarthy, N; Lipper, L; Jolejole, C. 2011. Climate-smart agriculture: a synthesis of empirical evidence of food security and mitigation benefits from improved cropland management. *Mitigation of Climate Change in Agriculture Series (FAO)* .

Brown, B; Llewellyn, R; Nuberg, I. 2018. Global learnings to inform the local adaptation of conservation agriculture in Eastern and Southern Africa (en línea). *Global Food Security* 17(August):213-220. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.10.002>.

Caballero, JM; Alvarez, E. 1980. Aspectos cuantitativos de la reforma agraria 1969 - 1979. IEP edicio. Lima, INSTITUTO DE ESTUDIOS PERUANOS. 151 p.

CBD. 2016. What is Agricultural Biodiversity? (en línea, sitio web). Consultado 21 oct. 2019. Disponible en <https://www.cbd.int/agro/whatis.shtml>.

CENAGRO. 2012. Resultados Definitivos: IV Censo Nacional Agropecuario - 2012 | SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental (en línea). s.l., s.e. Consultado 21 oct. 2019. Disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/resultados-definitivos-iv-censo-nacional-agropecuario-2012>.

Chandra, A. 2017. Climate-Smart Agriculture in Practice: Insights from smallholder farmers, Timor-Leste and the Philippines, Southeast Asia. s.l., s.e. 344 p. DOI: <https://doi.org/10.5465/APBPP.2002.7517527>.

Chirinos, R. 2021. ¿Cuánto contamina el Perú y qué se hace al respecto? Lima, s.e.

CIP; IICA; CGIAR. 2019. EuroClima: Adopción de mejores prácticas agrícolas climáticamente inteligentes en los andes. Lima, s.e.

CIP-UPWARD. 2003. Conservation and Sustainable Use of Agricultural Biodiversity: A Source Book Vol I: Understanding Agricultural Biodiversity. 3 ed. Los Banos, Laguna, Philippines, International Potato Center -Users' Perspectives With Agricultural Research and Development. 294 p.

COP. 1996. Conservation and sustainable use of agricultural biological diversity (en línea). s.l., s.e. Consultado 21 oct. 2019. Disponible en <https://www.cbd.int/decision/cop/default.shtml?id=7107>.

Corner-Dolloff, C; Jarvis, A; Loboguerrero, AM; Lizarazo, M; Nowak, A; Andrieu, N; Howland, F; Smith, C; Maldonado, J; Gomez, J; others. 2015. Climate-Smart Agriculture

Prioritization Framework (en línea). Disponible en <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/68398>.

Crouch, L; Lapidus, D; Beach, R; Birur, D; Moussavi, M; Turner, E. 2017. Developing Climate-Smart Agriculture Policies : The Role of Economic Modeling (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://doi.org/10.3768/rtipress.2017.op.0034.1701%0AThis>.

Desquilbet, M; Dorin, B; Couvet, D. 2017. Land Sharing vs Land Sparing to Conserve Biodiversity: How Agricultural Markets Make the Difference. *Environmental Modeling and Assessment* 22(3):185-200. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10666-016-9531-5>.

Dietrich, L. 1983. Yuca en cultivos asociados : Manejo y evaluación. Cali, s.e.

Duc Truong, D; Tho Dat, T; Huy Huan, L. 2022. Factors Affecting Climate-Smart Agriculture Practice Adaptation of Farming Households in Coastal Central Vietnam: The Case of Ninh Thuan Province. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 6. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.790089>.

Dumanski, J. 2015. Evolving concepts and opportunities in soil conservation (en línea). *International Soil and Water Conservation Research* 3(1):1-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.04.002>.

Edewor, SE; Shittu, AM; Olaoye, IJ. 2023. Gender analysis of land ownership influence on climate smart agriculture adoption among farming households in Nigeria. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics* 9(2):159-181. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSAMI.2023.129860>.

Eguren, F; Pintado, M. 2015. Contribución de la agricultura familiar al sector agropecuario en el Perú. Lima, s.e.

Enahoro, D; Lannerstad, M; Pfeifer, C; Dominguez-Salas, P. 2018. Contributions of livestock-derived foods to nutrient supply under changing demand in low- and middle-income countries (en línea). *Global Food Security* 19(March):1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.08.002>.



Escobal, J; Fort, R; Zegarra, E. 2015. Agricultura peruana: nuevas miradas desde el censo agropecuario (en línea). Lima- Perú, Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE). 295 p. Disponible en <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/51438>.

Everest, B. 2021. Farmers' adaptation to climate-smart agriculture (CSA) in NW Turkey. *Environment, Development and Sustainability* 23(3):4215-4235. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00767-1>.

Di Falco, S; Zoupanidou, E. 2017. Soil fertility, crop biodiversity, and farmers' revenues: Evidence from Italy. *Ambio* 46(2):162-172. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0812-7>.

FAO. 1998. Background Paper 1: Agricultural Biodiversity (en línea). FAO/Netherlands Conference on the Multifunctional Character of Agriculture and Land :1-42. Disponible en <http://www.fao.org/>.

\_\_\_\_\_. 2007. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura – resumen, editado por Dafydd Pilling & Barbara Rischkowsky. Roma, s.e.

\_\_\_\_\_. 2010. “Climate-Smart” Agriculture. Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation. Roma, s.e.:49 DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-825x.2009.02642.x>.

\_\_\_\_\_. 2014. Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política. Santiago, s.e.

\_\_\_\_\_. 2016. The State of Food and Agriculture 2016 | Food and Agriculture Organization of the United Nations (en línea). Roma, s.e. Consultado 20 oct. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/publications/sofa/2016/en/>.

\_\_\_\_\_. 2019. Climate-smart agriculture and the Sustainable Development Goals: Mapping interlinkages, synergies and trade-offs and guidelines for integrated implementation. Roma, s.e.

\_\_\_\_\_. 2019. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Roma, s.e.

\_\_\_\_\_. 2020. FAOSTAT (en línea, sitio web). Consultado 9 jul. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/GT>.

\_\_\_\_\_. 2021. Climate-smart agriculture case studies 2021 - Projects from around the world (en línea). Rome, s.e. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb5359en>.

FAO; IFAD; WFP. 2013. The State of Food Insecurity in the World The multiple dimensions of food security 2013. Rome, s.e.

Fernández, FJ; Blanco, M; Ponce, RD; Vásquez-lavín, F; Roco, L. 2017. Implications of climate change for semi-arid dualistic agriculture: a case study in Central Chile. *Regional Environmental Change* :1-26. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1380-0>.

Fowler, KR; Jenkins, EW; Ostrove, C; Chrispell, JC; Farthing, MW; Parno, M. 2015. A decision making framework with MODFLOW-FMP2 via optimization: Determining trade-offs in crop selection (en línea). *Environmental Modelling and Software* 69:280-291. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.11.031>.

Frison, EA; Cherfas, J; Hodgkin, T. 2011. Agricultural biodiversity is essential for a sustainable improvement in food and nutrition security. *Sustainability* 3(1):238-253. DOI: <https://doi.org/10.3390/su3010238>.

García de Jalón, S; Silvestri, S; Barnes, AP. 2017. The potential for adoption of climate smart agricultural practices in Sub-Saharan livestock systems. *Regional Environmental Change* 17(2):399-410. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-016-1026-z>.

Garner, E; de la O Campos, AP. 2014. Identifying the “family farm”. Rome, s.e.

Germany, JA; Ireland, RD; France, EM. 2007. Europe. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press :541-580.

Ghimire, R; Khatri-Chhetri, A; Chhetri, N. 2022. Institutional Innovations for Climate Smart Agriculture: Assessment of Climate-Smart Village Approach in Nepal. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 6. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.734319>.

González, Y; Leyva, A; Pino, O; Mercadet, A; Antonioli, Z; Arévalo, R; Barossuol, L; Lores, A; Gómez, Y. 2018. El funcionamiento de un agroecosistema premontañoso y su

orientación prospectiva hacia la sostenibilidad: rol de la agrobiodiversidad. *Cultivos Tropicales* 39(1):21-34.

Griscom, BW; Adams, J; Ellis, PW; Houghton, RA; Lomax, G; Miteva, DA; Schlesinger, WH; Shoch, D; Siikamäki, J V.; Smith, P; Woodbury, P; Zganjar, C; Blackman, A; Campari, J; Conant, RT; Delgado, C; Elias, P; Gopalakrishna, T; Hamsik, MR; Herrero, M; Kiesecker, J; Landis, E; Laestadius, L; Leavitt, SM; Minnemeyer, S; Polasky, S; Potapov, P; Putz, FE; Sanderman, J; Silvius, M; Wollenberg, E; Fargione, J. 2017. Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114(44):11645-11650. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>.

Haque, AN; Grafakos, S; Huijsman, M. 2010. Assessment of Adaptation Measures Against Flooding in the City of Dhaka, Bangladesh. *Institute for Housing and Urban Development Studies* (25):1-48.

Hrabanski, M; Le Coq, JF. 2022. Climatisation of agricultural issues in the international agenda through three competing epistemic communities: Climate-smart agriculture, agroecology, and nature-based solutions. *Environmental Science and Policy* 127:311-320. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.10.022>.

Imran, MA; Ali, A; Ashfaq, M; Hassan, S; Culas, R; Ma, C. 2018. Impact of Climate Smart Agriculture (CSA) practices on cotton production and livelihood of farmers in Punjab, Pakistan. *Sustainability (Switzerland)* 10(6). DOI: <https://doi.org/10.3390/su10062101>.

INEI. 2018. Características de la Población. Lima, s.e.

\_\_\_\_\_. 2018. Mapa de pobreza monetaria provincial y distrital 2018. Lima, s.e.

\_\_\_\_\_. 2018. PERÚ Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017 - Tomo I (en línea). Lima, s.e. Disponible en [http://www.inr.pt/uploads/docs/recursos/2013/20Censos2011\\_res\\_definitivos.pdf](http://www.inr.pt/uploads/docs/recursos/2013/20Censos2011_res_definitivos.pdf).

\_\_\_\_\_. 2021. Sistema de Microdatos del INEI (en línea, sitio web). Consultado 17 ene. 2021. Disponible en <http://iinei.inei.gob.pe/microdatos/>.

Jacob, JM. 2015. Climate-Smart Agriculture: Farmer 's Bane Or Boon ? s.l., s.e.

Jacobsen, SE; Sørensen, M; Pedersen, SM; Weiner, J. 2015. Using our agrobiodiversity: plant-based solutions to feed the world. *Agronomy for Sustainable Development* 35(4):1217-1235. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0325-y>.

James, B; Manyire, H; Tambi, E; Bangali, S. 2012. Barriers to scaling up / out climate smart agriculture and strategies to enhance adoption in Africa. s.l., s.e. 10 p.

Jat, ML; Dagar, JC; Sapkota, TB; Yadvinder-Singh; Govaerts, B; Ridaura, SL; Saharawat, YS; Sharma, RK; Tatarwal, JP; Jat, RK; Hobbs, H; Stirling, C. 2016. Climate change and agriculture: Adaptation strategies and mitigation opportunities for food security in South Asia and Latin America. s.l., Elsevier Inc., vol.137. 127-235 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.12.005>.

Khatri-Chhetri, A; Aggarwal, PK; Joshi, PK; Vyas, S. 2017. Farmers' prioritization of climate-smart agriculture (CSA) technologies (en línea). *Agricultural Systems* 151:184-191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.10.005>.

Khoury, CK; Brush, S; Costich, DE; Curry, HA; de Haan, S; Engels, JMM; Guarino, L; Hoban, S; Mercer, KL; Miller, AJ; Nabhan, GP; Perales, HR; Richards, C; Riggins, C; Thormann, I. 2022. Crop genetic erosion: understanding and responding to loss of crop diversity. *New Phytologist* 233(1):84-118. DOI: <https://doi.org/10.1111/NPH.17733>.

Komarnytsky, S; Retchin, S; Vong, CI; Lila, MA. 2021. Gains and Losses of Agricultural Food Production: Implications for the Twenty-First Century (en línea). DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-food-082421>.

Körner, C. 2007. The use of «altitude» in ecological research (en línea). *Trends in Ecology and Evolution* 22(11):569-574. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.09.006>.

Kpadonou, RAB; Owiyo, T; Barbier, B; Denton, F; Rutabingwa, F; Kiema, A. 2017. Advancing climate-smart-agriculture in developing drylands: Joint analysis of the adoption of multiple on-farm soil and water conservation technologies in West African Sahel (en línea). *Land Use Policy* 61:196-207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.050>.

Leyva, Á; Lores, A. 2018. Assessing agroecosystem sustainability in Cuba: A new agrobiodiversity index. *Elementa* 6(1). DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.336>.

Leyva Galán, A; Lores Pérez, A. 2012. Nuevos índices para evaluar la agrobiodiversidad. *Agroecología* 7(1):109-115.

Lipper, L; McCarthy, N; Zilberman, D; Asfaw, S; Branca, G. 2018. Climate Smart Agriculture Building Resilience to Climate Change (en línea). s.l., s.e. 629 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61194-5>.

Lipper, L; Thornton, P; Campbell, BM; Baedeker, T; Braimoh, A; Bwalya, M; Caron, P; Cattaneo, A; Garrity, D; Henry, K; Hottle, R; Jackson, L; Jarvis, A; Kossam, F; Mann, W; McCarthy, N; Meybeck, A; Neufeldt, H; Remington, T; Sen, PT; Sessa, R; Shula, R; Tibu, A; Torquebiau, EF. 2014. Climate-smart agriculture for food security. s.l., Nature Publishing Group, vol.4. p. 1068-1072 DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate2437>.

Lipper, L; Zilberman, D. 2018. A Short History of the Evolution of the Climate Smart Agriculture Approach and Its Links to Climate Change and Sustainable Agriculture Debates. s.l., s.e. p. 13-30 DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-61194-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61194-5_2).

Lores Perez, A. 2009. Propuesta metodológica para el desarrollo sostenible de agroecosistemas. Contribución al estudio de la agrobiodiversidad. Estudio decaso:Comunidad Zaragoza. s.l., INCA. 100 p.

Maguza-tembo, F; Mangison, J; Edris, AK; Kenamu, E. 2017. Determinants of adoption of multiple climate change adaptation strategies in Southern Malawi: An ordered probit analysis. *Journal of Development and Agricultural Economics* 9(1):1-7. DOI: <https://doi.org/10.5897/JDAE2016-0753>.

Mahashin, M; Roy, R. 2017. Mapping Practices and Technologies of Climate-Smart Agriculture in Bangladesh. 10(2):29-37.

Major, WAB. 2016. Agrobiodiversity and the potential role in diversifying the livelihood of local community in bale eco-region, South East of Ethiopia (en línea). s.l., MADDA WALABU UNIVERSITY. 71 p. Disponible en [http://www.phe-ethiopia.org/pdf/4.Workalegn Assefa\\_MSc Thesis\\_Madda Walabu Univ.docx.pdf](http://www.phe-ethiopia.org/pdf/4.Workalegn%20Assefa_MSc%20Thesis_Madda%20Walabu%20Univ.docx.pdf).

Makate, C; Makate, M; Mango, N; Siziba, S. 2019. Increasing resilience of smallholder farmers to climate change through multiple adoption of proven climate-smart agriculture innovations. *Lessons from Southern Africa* (en línea). *Journal of Environmental Management* 231 (October 2018):858-868. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.069>.

Makate, C; Wang, R; Makate, M; Mango, N. 2016. Crop diversification and livelihoods of smallholder farmers in Zimbabwe: adaptive management for environmental change. SpringerPlus . DOI: <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2802-4>.

Maletta, H. 2017. La pequeña agricultura familiar en el Perú - Una tipología microrregionalizada (en línea). s.l., s.e. 208 p. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i6759s.pdf>.

Mango, N; Makate, C; Mapemba, L; Sopo, M. 2018. The role of crop diversification in improving household food security in central Malawi (en línea). *Agriculture and Food Security* 7(1):1-10. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0160-x>.

Martinez-Baron, D; Orjuela, G; Renzoni, G; Loboguerrero Rodríguez, AM; Prager, SD. 2018. Small-scale farmers in a 1.5°C future: The importance of local social dynamics as an enabling factor for implementation and scaling of climate-smart agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 31(March):112-119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.02.013>.

Mathews, JA; Kruger, L; Wentink, GJ. 2018. Climate-smart agriculture for sustainable agricultural sectors: The case of Mooifontein. *Jamba: Journal of Disaster Risk Studies* 10(1):1-10. DOI: <https://doi.org/10.4102/jamba.v10i1.492>.

Mathews, JA; Kruger, L; Wentink, GJ. 2018. Climate-smart agriculture for sustainable agricultural sectors: The case of Mooifontein. *Jamba: Journal of Disaster Risk Studies* 10(1):1-10. DOI: <https://doi.org/10.4102/jamba.v10i1.492>.

Mathews, JA; Kruger, L; Wentink, GJ. 2018. Climate-smart agriculture for sustainable agricultural sectors: The case of Mooifontein. (en línea). *Jamba (Potchefstroom, South Africa)* 10(1):492. DOI: <https://doi.org/10.4102/jamba.v10i1.492>.

McInnis, M. 2007. Climate-smart agriculture as a development buzzword: framework for flexible development, or greenwashing the status quo? Insights from Northern Ghana (en línea). *Area* 39(4):112. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2007.00772.x>.

Memarbashi, P; Mojarradi, G; Keshavarz, M. 2022. Climate-Smart Agriculture in Iran: Strategies, Constraints and Drivers. *Sustainability (Switzerland)* 14(23). DOI: <https://doi.org/10.3390/su142315573>.

Miller, DC; Muñoz-Mora, JC; Christiaensen, L. 2017. Prevalence, economic contribution, and determinants of trees on farms across Sub-Saharan Africa (en línea). *Forest Policy and Economics* 84:47-61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.12.005>.

MINAGRI. 2015. Estrategia nacional de agricultura familiar 2015 - 2021. Lima, s.e.

- \_\_\_\_\_. 2019. Plan Nacional de Agricultura Familiar 2019 - 2021. Lima, s.e.
- \_\_\_\_\_. 2019. Plan Nacional de Cultivos 2019. Campaña Agrícola 2019 – 2020. Lima, s.e.
- MINAGRI; Gobierno del Peru; FAO. 2012. Plan de gestión de riesgo y adaptación al cambio climático en el sector agrario , período 2012-2021. 2021. s.l., s.e.
- MINAM. 2016. El Perú y el Cambio Climático Cambio Climático El Perú y el Cambio Climático Tercera Comunicación. s.l., s.e.
- \_\_\_\_\_. 2019. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2014 y actualización de las estimaciones de los años 2000, 2005, 2010 y 2012. Lima, s.e.
- MINEM. 2020. Producción Minera Anual 2011-2019 (en línea, sitio web). Disponible en [http://www.minem.gob.pe/\\_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=12501](http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=12501).
- Ministerio del Ambiente. 2016. Mapa 4 de razas del maíz del Perú. Lima, s.e.
- Ministerio del Ambiente; Dirección General de Cambio Climático y Desertificación; Dirección de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero. 2021. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2016 y actualización de las estimaciones de los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014. s.l., s.e.
- M’Kaibi, FK; Steyn, NP; Ochola, S; Du Plessis, L. 2015. Effects of agricultural biodiversity and seasonal rain on dietary adequacy and household food security in rural areas of Kenya (en línea). BMC Public Health 15(1):1-11. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1755-9>.
- Murphy, S. 2012. Changing Perspectives: Small-scale farmers, markets and globalisation (en línea). The Hague, s.e. Disponible en [www.iied.org](http://www.iied.org).
- Neufeldt, H; Jahn, M; Campbell, BM; Beddington, JR; DeClerck, F; De Pinto, A; Gullede, J; Hellin, J; Herrero, M; Jarvis, A; LeZaks, D; Meinke, H; Rosenstock, T; Scholes, M; Scholes, R; Vermeulen, S; Wollenberg, E; Zougmore, R. 2013. Beyond climate-smart agriculture: Toward safe operating spaces for global food systems. Agriculture and Food Security 2(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/2048-7010-2-12>.
- Neyra Chavez, CA. 2018. El impacto de la minería en la pobreza de las regiones 2004-2010. s.l., Pontificia Universidad Católica del Perú. 1-89 p.

- Ojoko, E; Akinwunmi, J; Yusuf, S; Oni, O. 2017. Factors influencing the level of use of climate-smart agricultural practices (CSAPs) in Sokoto state, Nigeria. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade* 62(3):315-327. DOI: <https://doi.org/10.2298/jas1703315o>.
- Ortíz Olvera, JM. 2013. Tecnología, reflexiones matemáticas. *Economía Informa* 378:51-59. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0185-0849\(13\)71308-2](https://doi.org/10.1016/s0185-0849(13)71308-2).
- Partey, ST; Zougmore, RB; Ouédraogo, M; Campbell, BM. 2018. Developing climate-smart agriculture to face climate variability in West Africa: Challenges and lessons learnt. *Journal of Cleaner Production* 187:285-295. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.199>.
- Paustian, K; Lehmann, J; Ogle, S; Reay, D; Robertson, GP; Smith, P. 2016. Climate-smart soils (en línea). *Nature* 532(7597):49-57. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature17174>.
- Pérez-Miñana, E; Krause, PJ; Thornton, J. 2012. Bayesian Networks for the management of greenhouse gas emissions in the British agricultural sector (en línea). *Environmental Modelling and Software* 35:132-148. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.02.016>.
- Pimbert, M. 2015. Agroecology as an alternative vision to conventional development and climate-smart agriculture. *Development (Basingstoke)* 58(2-3):286-298. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41301-016-0013-5>.
- Pintado, M. 2016. *Agricultura familiar y situación alimentaria en Puno*. Primera ed. s.l., Centro Peruano de Estudios Sociales. 34 p.
- Pradhan, D; Ranjan, R. 2016. Achieving Sustainability and Development through Collective Action? An Empirical Analysis of the Impact of the Bore Pool Sharing Program on Farm Incomes and Crop Choices (en línea). *World Development* 88:152-174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.07.015>.
- Ramankutty, N; Mehrabi, Z; Waha, K; Jarvis, L; Kremen, C; Herrero, M; Rieseberg, LH. 2018. Trends in Global Agricultural Land Use: Implications for Environmental Health and Food Security. *Annual Review of Plant Biology* 69(1):1-27. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042817-040256>.
- Regmi, A; Lara, TR; Kleinwechter, U; Conwell, A; Gotor, E. 2016. Integrating Biodiversity and Ecosystem Services into the Economic Analysis of Agricultural Systems. *Bioversity International. Impact Assessment Discussion Paper* 15(January). DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4190.3767>.



- Richards, R; Sanó, M; Roiko, A; Carter, RW; Bussey, M; Matthews, J; Smith, TF. 2013. Bayesian belief modeling of climate change impacts for informing regional adaptation options (en línea). *Environmental Modelling and Software* 44:113-121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.07.008>.
- Rilstone, P. 2002. Econometric Analysis of Count Data. *Journal of the American Statistical Association* 97(457):361-362. DOI: <https://doi.org/10.1198/jasa.2002.s458>.
- Rojas-Downing, MM; Nejadhashemi, AP; Harrigan, T; Woznicki, SA. 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation (en línea). *Climate Risk Management* 16:145-163. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.001>.
- Selim, SA; Blanchard, JL; Bedford, J; Webb, TJ. 2016. Direct and indirect effects of climate and fishing on changes in coastal ecosystem services: a historical perspective from the North Sea. *Regional Environmental Change* 16(2):341-351. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0635-7>.
- Sellepiane, A; Sarandón, S. 2008. Evaluación de la sustentabilidad en fincas orgánicas, en la zona hortícola de La Plata, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecologia* 3(3):67-78.
- Suárez, A. 2014. Evaluación de la Agrobiodiversidad en fincas campesinas agroecológicas y convencionales en el centro del departamento del Valle del Cauca, Colombia. :91.
- Subedi, R; Bhatta, LD; Udas, E; Agrawal, NK; Joshi, KD; Panday, D. 2019. Climate-smart practices for improvement of crop yields in mid-hills of Nepal (en línea). *Cogent Food & Agriculture* 5(1). DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1631026>.
- Tapia, ME; Fries, AM. 2007. *Guia de campo de los cultivos andinos*. s.l., FAO y ANPE. Lima-Perú. 221 p.
- Teklewold, H; Gebrehiwot, T; Bezabih, M. 2019. Climate smart agricultural practices and gender differentiated nutrition outcome: An empirical evidence from Ethiopia (en línea). *World Development* 122:38-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.05.010>.
- Teklewold, H; Kassie, M; Shiferaw, B; Köhlin, G. 2013. Cropping system diversification, conservation tillage and modern seed adoption in Ethiopia: Impacts on household income, agrochemical use and demand for labor. s.l., s.e., vol.93. p. 85-93 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.05.002>.

Teklewold, H; Mekonnen, A; Kohlin, G. 2019. Climate change adaptation: a study of multiple climate-smart practices in the Nile Basin of Ethiopia. *Climate and Development* 11(2):180-192. DOI: <https://doi.org/10.1080/17565529.2018.1442801>.

Thierfelder, C; Chivenge, P; Mupangwa, W; Rosenstock, TS; Lamanna, C; Eyre, JX. 2017. How climate-smart is conservation agriculture (CA)? – its potential to deliver on adaptation, mitigation and productivity on smallholder farms in southern Africa. *Food Security* 9(3):537-560. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0665-3>.

Thoai, TQ; Rañola, RF; Camacho, LD; Simelton, E. 2018. Determinants of farmers' adaptation to climate change in agricultural production in the central region of Vietnam (en línea). *Land Use Policy* 70 (October 2017):224-231. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.023>.

Thornton, PK; Whitbread, A; Baedeker, T; Cairns, J; Claessens, L; Baethgen, W; Bunn, C; Friedmann, M; Giller, KE; Herrero, M; Howden, M; Kilcline, K; Nangia, V; Ramirez-Villegas, J; Kumar, S; West, PC; Keating, B. 2018. A framework for priority-setting in climate smart agriculture research (en línea). *Agricultural Systems* 167(October):161-175. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.09.009>.

Timsina, B; Rokaya, MB; Münzbergová, Z; Kindlmann, P; Shrestha, B; Bhattarai, B; Raskoti, BB. 2016. Diversity, distribution and host-species associations of epiphytic orchids in Nepal (en línea). *Biodiversity and Conservation* 2016 25:13 25(13):2803-2819. DOI: <https://doi.org/10.1007/S10531-016-1205-8>.

Tompkins, EL; Mensah, A; King, L; Long, K; Lawson, ET; Hutton, C; Anh, V; Gordon, C; Fish, M; Dyer, J; Bood, N. 2013. An investigation of the evidence of benefits from climate compatible development. *Sustainability Research Institute Paper No. 44.* (44):1-31.

Torquebiau, E; Rosenzweig, C; Chatrchyan, AM; Andrieu, N; Khosla, R. 2018. Identifying Climate-smart agriculture research needs. *Cahiers Agricultures* 27(2). DOI: <https://doi.org/10.1051/cagri/2018010>.

Tubiello, FN; Salvatore, M; Córdor Golec, RD; Ferrara, A; Rossi, S; Biancalani, R; Federici, S; Jacobs, H; Flammini, A. 2014. Agriculture , Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks (en línea). *ESS Working Paper No.2* 2:4-89. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/019/i3671e/i3671e.pdf>.

Uribe Gómez, JA. 2019. Una perspectiva de la innovación tecnológica en Latinoamérica \*. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad* 11(20):101-125. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.22430/21457778.1214>.

Vandermeer, J; Perfecto, I; Philpott, S. 2010. Ecological Complexity and Pest Control in Organic Coffee Production: Uncovering an Autonomous Ecosystem Service. *BioScience* 60(7):527-537. DOI: <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.7.8>.

Verkaart, S; Mausch, K; Claessens, L; Giller, KE. 2019. A recipe for success? Learning from the rapid adoption of improved chickpea varieties in Ethiopia. *International Journal of Agricultural Sustainability* 17(1):34-48. DOI: <https://doi.org/10.1080/14735903.2018.1559007>.

Vernooy, R; Hoan, LK; Cuong, NT; Vinh, B Le. 2018. Farmers' own assessment of climate smart agriculture: insights from Ma village in Vietnam. (en línea). *CCAFS Working Paper* (222):28-pp. Disponible en <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/149715/retrieve>.

Waha, K; Accatino, F; Godde, C; Rigolot, C; Bogard, J; Domingues, JP; Gotor, E; Herrero, M; Martin, G; Mason-D'Croz, D; Tacconi, F; van Wijk, M. 2022. The benefits and trade-offs of agricultural diversity for food security in low- and middle-income countries: A review of existing knowledge and evidence. *Global Food Security* 33:100645. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.GFS.2022.100645>.

Warren, R; VanDerWal, J; Price, J; Welbergen, JA; Atkinson, I; Ramirez-Villegas, J; Osborn, TJ; Jarvis, A; Shoo, LP; Williams, SE; Lowe, J. 2013. Quantifying the benefit of early climate change mitigation in avoiding biodiversity loss (en línea). *Nature Climate Change* 3:678. Disponible en <https://doi.org/10.1038/nclimate1887>.

Wekesah, FM; Mutua, EN; Izugbara, CO. 2019. Gender and conservation agriculture in sub-Saharan Africa: a systematic review. *International Journal of Agricultural Sustainability* 17(1):78-91. DOI: <https://doi.org/10.1080/14735903.2019.1567245>.

Weniga Anuga, S; Gordon, C; Boon, E; Musah-Issah Surugu, J. 2019. Determinants of Climate Smart Agriculture (CSA) Adoption among Smallholder Food Crop Farmers in the Techiman Municipality, Ghana. *Ghana Journal of Geography* 11(1):124-139. DOI: <https://doi.org/10.4314/gjg.v11i1.8>.

Westermann, O; Förch, W; Thornton, P; Körner, J; Cramer, L; Campbell, B. 2018. Scaling up agricultural interventions: Case studies of climate-smart agriculture (en línea). *Agricultural Systems* 165(July):283-293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.07.007>.

Wheeler, T; Von Braun, J. 2013. Climate change impacts on global food security. s.l., American Association for the Advancement of Science, vol.341. p. 508-513 DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1239402>.

World Bank. 2011. CLIMATE-SMART AGRICULTURE Increased Productivity and Food Security, Enhanced Resilience and Reduced Carbon Emissions for Sustainable Development Opportunities and Challenges for a Converging Agenda: Country Examples. s.l., s.e.

Zha, D; He, J. 2017. The threshold effects of energy efficiency on the elasticity of substitution between energy and non-energy factors. *Energy Efficiency* 10(4):873-885. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12053-016-9491-2>.

Zinck, J; Berroterán, J; Farshad, A; Moameni, A; Wokabi, S; Van Ranst, E. 2005. La sustentabilidad agrícola : un análisis jerárquico. .

Zougmore, R; Mando, A; Stroosnijder, L. 2010. Benefits of integrated soil fertility and water management in semi-arid West Africa: An example study in Burkina Faso. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 88(1):17-27. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-008-9191-1>.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Información de la encuesta

**CÓDIGO ENCUESTA**  
Nº: \_\_\_\_\_

Fecha: ..... / ..... / 2021

**TESIS: “EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE Y ROL DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN LA REGIÓN NORTE DE PERÚ: CUENCA “CRISNEJAS””**

**SECCION I. IDENTIFICACION DE UNIDAD AGROPECUARIA (UA)**

Provincia : \_\_\_\_\_ Distrito: \_\_\_\_\_  
Centro poblado/casero: \_\_\_\_\_ Altitud: \_\_\_\_\_ msnm (consultar *GPS tracker*)

**SECCION II. INFORMACION SOBRE CARACTERISTICAS DE UA Y CAPITAL ECONOMICO**

**2.1 Características de UA**

1. Información del jefe de UA:

Edad (años): \_\_\_\_\_  
Género (marcar X): Masculino  Femenino

2. Número de miembros del hogar: \_\_\_\_\_

3. ¿Cuál es el nivel de educación alcanzado?

- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1. Sin nivel                | 2. Inicial                    |
| 3. Primaria incompleta      | 4. primaria completa          |
| 5. Secundaria incompleta    | 6. Secundaria completa        |
| 7. Superior no univ. Incom. | 8. Superior no univ. Completa |
| 9. Superior univ. Incom.    | 10. Superior univ. Completa   |

**2.2 Características de terreno:**

1. Tenencia de la parcela:   
1. Propia 2. Alquilada 3. Comunero  
4. Poseionario 5. Otro

2. Usted considera que el suelo es fértil:  SI  NO

3. ¿Cuál es la profundidad del suelo?  
1. Suelo profundo  2. Poco profundo

4. ¿Cuál es la pendiente del terreno?:  
1. Pendiente suave  2. media/empinada

5. ¿Cuál es la distancia de la casa/hogar a las parcelas/terrenos/chacras (en km o m): \_\_\_\_\_

6. El jefe de UA trabaja el terreno:  SI  NO

7. Siembra semillas certificadas:  SI  NO  
Si es "SI", informar:  
proveedor \_\_\_\_\_  
cantidad (Kg): \_\_\_\_\_ costo(S/): \_\_\_\_\_

8. Procedencia principal de agua para cultivos (marcar X)  
1. Lluvia (secano) ( ) 2. Rio, manantial o puquio ( )  
3. Pozo/agua subterránea ( ) 4. Reservorio ( )  
5. Otro ( ) \_\_\_\_\_ (especifique).  
**Si rpt. es únicamente lluvia PASE A 2.3**

9. ¿Cuál es el sistema de riego que utiliza?:   
1. Exudación 2. Goteo  
3. Aspersión 4. Multi compuertas (tuberías)  
5. Mangas 6. Gravedad  
7. otro \_\_\_\_\_ (especifique)

**2.3 Capital económico y social**

1. ¿Cuál es la superficie total de todas las chacras (barbecho, montes, descanso) (hectáreas, metros cuadrados, otra unidad): \_\_\_\_\_

2. Superficie total de las chacras que fue cultivada desde el último año (hectáreas, metros cuadrados, otra unidad): \_\_\_\_\_

3. Usted tuvo acceso a un crédito/prestamos de dinero para sembrar las chacras  SI  NO  
Si es "SI", indicar cantidad (S/): \_\_\_\_\_

5. Usted compartió información con otros agricultores sobre el manejo y el cómo cultivar sus chacras (prácticas/ conocimientos/ costumbres):  SI  NO  
Si es "SI", indicar que información: \_\_\_\_\_

6. Perteneció usted a alguna asociación, cooperativa y/o comunidad campesina de productores:  SI  NO  
**Si rpt. es "NO" PASE a la pregunta 10**

7. ¿A qué tipo de organización pertenece?:   
1. Asociación de productores agrícolas  
2. Asociación agropecuaria  
3. Cooperativa agraria  
4. Cooperativa agropecuaria  
6. Otro (especifique): \_\_\_\_\_

8. Nombre de la organización: \_\_\_\_\_

9. Número de miembros (número): \_\_\_\_\_

10. ¿Qué beneficios recibió de la organización?   
1. Abastecimiento de insumos agrícolas  
2. Acceso a mercados locales y nacionales para ventas  
3. Acceso a mercado extranjero  
4. Obtiene asistencia técnica  
5. Obtiene capacitaciones  
6. Accede a financiamiento económico  
7. Ninguno  
8. Otro. Especifique \_\_\_\_\_

<p>11. Pertenece a alguna comunidad campesina: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO  <i>Si rpta. es "NO" PASE a la pregunta 13</i></p> <p>12. Nombre de la comunidad campesina: _____</p> <p>13. Almacena semillas para la próxima siembra/temporada: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO  <i>Si es "SI", indicar cantidad</i></p> <table border="0"> <tr> <td><i>Semilla</i></td> <td><i>Cantidad (Kg/arobas)</i></td> </tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> </table>	<i>Semilla</i>	<i>Cantidad (Kg/arobas)</i>	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	<p><b>2.4 Acceso a mercados, s. de extensión y capacitación</b></p> <p>1. Distancia al mercado local más cercano (principal mercado) desde sus chacras o parcelas para:</p> <p>- Vender cosechas (Km): _____</p> <p>- Comprar (km): _____</p> <p>2. Participó en al menos una capacitación relacionada a algún proceso de agricultura y manejo de suelos: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO  <i>Si es "NO", pasar a SECCIÓN III</i></p> <p>3. Distancia al lugar de capacitación desde su hogar/casa (en km): _____</p> <p>4. Tema de capacitación: _____</p>
<i>Semilla</i>	<i>Cantidad (Kg/arobas)</i>												
_____	_____												
_____	_____												
_____	_____												
_____	_____												
_____	_____												

**SECCION III. INFORMACIÓN SOBRE OPCIONES DE AGRICULTURA CLIMATICAMENTE INTELIGENTE (ACI)**

<p><b>3.1 Información sobre opciones de ACI</b></p> <p>1A. Utiliza alguna estrategia/práctica de ahorro y control de agua en los cultivos: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO  <i>Si es "SI", especificar estrategia:</i> _____</p> <p><i>¿hace cuánto tiempo aplica esta práctica (años)?</i> _____</p> <p>2A. Siembra sus chacras a principios de temporada para aprovechar el agua de lluvia: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO  <i>Si la rpta es "SI", ¿hace cuánto tiempo aplica esta práctica (años)?</i> _____</p> <p>3A. Usted colecta y almacena agua de lluvia para sus cultivos: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO  <i>Si es "SI", especificar cómo almacena el agua:</i> _____</p> <p><i>¿hace cuánto tiempo aplica esta práctica (años)?</i> _____</p> <p>5C. ¿Qué tipo de labranza utiliza en las siembras?: <input type="checkbox"/></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Labranza mecanizada (tractor)</li> <li>2. Labranza convencional (uso de arado)</li> <li>3. Manual o labranza mínima (lampa, puntilla, machete)</li> <li>4. Siembra directa o labranza cero (ningún movimiento del suelo)</li> </ol> <p><i>¿hace cuánto tiempo aplica esta práctica (años)?</i> _____</p> <p>6C. Usted utiliza residuos de plantas como abono verde para sus cultivos: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO  <i>Si es "SI", indicar qué tipo de planta utiliza:</i> _____</p> <p><i>¿hace cuánto tiempo aplica esta práctica (años)?</i> _____</p> <p>7C. Usted utiliza estiércol (excrementos) animal en los cultivos: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO  <i>Si la rpta. es "NO" pasar a "9C".</i>  <i>Si la rpta es "SI", ¿hace cuánto tiempo aplica esta práctica (años)?</i> _____</p> <p>8C. ¿Qué tipo de estiércol animal utiliza?: <input type="checkbox"/></p> <table border="0"> <tr> <td>1. Granja (pollos, gallinas)</td> <td>Compra (Kg): <input type="checkbox"/></td> <td>Produce (Kg) <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2. Cuyes</td> <td>Compra (Kg): <input type="checkbox"/></td> <td>Produce (Kg) <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3. Corderos</td> <td>Compra (Kg): <input type="checkbox"/></td> <td>Produce (Kg) <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>4. Vacuno</td> <td>Compra (Kg): <input type="checkbox"/></td> <td>Produce (Kg) <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>5. Conejos</td> <td>Compra (Kg): <input type="checkbox"/></td> <td>Produce (Kg) <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>6. Otro. Especifique:</td> <td colspan="2">_____</td> </tr> </table>	1. Granja (pollos, gallinas)	Compra (Kg): <input type="checkbox"/>	Produce (Kg) <input type="checkbox"/>	2. Cuyes	Compra (Kg): <input type="checkbox"/>	Produce (Kg) <input type="checkbox"/>	3. Corderos	Compra (Kg): <input type="checkbox"/>	Produce (Kg) <input type="checkbox"/>	4. Vacuno	Compra (Kg): <input type="checkbox"/>	Produce (Kg) <input type="checkbox"/>	5. Conejos	Compra (Kg): <input type="checkbox"/>	Produce (Kg) <input type="checkbox"/>	6. Otro. Especifique:	_____		<p>9C. Utiliza fertilizantes químicos : <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO  <i>Si la rpta es "SI", ¿hace cuánto tiempo aplica esta práctica (años)?</i> _____</p> <p><i>Especifique qué tipo de fertilizante utiliza:</i></p> <table border="0"> <tr> <td><u>Tipo</u></td> <td><u>Cantidad (kg)/hectárea</u></td> </tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> </table> <p>9C. Siembra diferentes tipos de cultivos juntos (cultivos mixtos) : <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO  <i>Si la rpta. es "NO" pasar a "11C".</i></p> <p>10C. Mencione los diferentes tipos de cultivos que siembre juntos (cultivos mixtos):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. _____</li> <li>2. _____</li> <li>3. _____</li> </ol> <p><i>¿hace cuánto tiempo aplica esta práctica (años)?</i> _____</p> <p>11C. Cambia el tipo de cultivo de acuerdo con la estación (rotación de cultivos): <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO  <i>Si la rpta. es "SI" indicar que sembró y en qué mes:</i></p> <table border="0"> <tr> <td><u>Cultivo</u></td> <td><u>Mes de siembra-cosecha</u></td> </tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td></tr> </table> <p>12E. Usted realiza compostaje de sus residuos de plantas de la cosecha y/o residuos orgánicos de su hogar para obtener abono: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO  <i>Si es "SI", especificar estrategia:</i> _____</p> <p><i>¿hace cuánto tiempo aplica esta práctica (años)?</i> _____</p> <p>13E. Usted utiliza algún equipo solar para cualquier actividad o proceso en su hogar y/o manejo de tierras/chacras/ cultivos: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO  <i>¿hace cuánto tiempo aplica esta práctica (años)?</i> _____</p>	<u>Tipo</u>	<u>Cantidad (kg)/hectárea</u>	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	<u>Cultivo</u>	<u>Mes de siembra-cosecha</u>	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
1. Granja (pollos, gallinas)	Compra (Kg): <input type="checkbox"/>	Produce (Kg) <input type="checkbox"/>																																									
2. Cuyes	Compra (Kg): <input type="checkbox"/>	Produce (Kg) <input type="checkbox"/>																																									
3. Corderos	Compra (Kg): <input type="checkbox"/>	Produce (Kg) <input type="checkbox"/>																																									
4. Vacuno	Compra (Kg): <input type="checkbox"/>	Produce (Kg) <input type="checkbox"/>																																									
5. Conejos	Compra (Kg): <input type="checkbox"/>	Produce (Kg) <input type="checkbox"/>																																									
6. Otro. Especifique:	_____																																										
<u>Tipo</u>	<u>Cantidad (kg)/hectárea</u>																																										
_____	_____																																										
_____	_____																																										
_____	_____																																										
_____	_____																																										
_____	_____																																										
<u>Cultivo</u>	<u>Mes de siembra-cosecha</u>																																										
_____	_____																																										
_____	_____																																										
_____	_____																																										
_____	_____																																										
_____	_____																																										







**ICOM: [19]. Flores, plantas ornamentales** (clavel-W1, dalias-W2, geraneo-W3, gladiolos-W4, girasol-W5, hortensias-W6, margaritas-W7, rosas-W8, lirios-W9, ruda-W10, otros, *otros*)

Especies (código)	Producción total (Kg, arroba)	Autoconsumo (Kg, arroba)	Venta (Kg, arroba)	Otro uso (Kg, arroba)

**ICOM: [20]. Madera: uso doméstico (leña), asociado con pastos, cultivos para madera o frutos, construcción** (eucalipto-X1, ciprés-X2, hualango-X3 molle-X4, quemuales-X5, tomillo-X6, pino-X7, palto-X8, pacae-X9, *otros*)

Especies (código)	Producción total (cargas/semana/mes)	Autoconsumo	Venta	Otro uso

**ICOM: [21]. Otros usos: especies con valores espirituales, usos religiosos, usos industriales o artesanales** ( carrizo-Y2, tarataya-Y3, tuna-Y4, achira-Y5, abejas para miel-Y6, *otros*)

Especies (código)	Producción total (Kg, arroba, Uds)	Autoconsumo (Kg, arroba)	Venta (Kg, arroba)	Otro uso (Kg, arroba)

**ICOM: [22]. Cambio climático: cercas vivas para protegerse del viento, setos, melíferos, terrazas, andenes reservorios, entre otros** (tara-Z1, eucalipto-Z2, frejol chili-Z3, zarzamora-Z4, pencas-Z5, sauce-Z6, otros, *otros*)

Especies (código)	Producción total (Uds., Kg, arroba)	Uso o beneficio

**4.5 Cambios de los cultivos en los últimos 10 años.** ¿Cuáles con los cultivos nuevos incorporados en los últimos 10 años? y ¿cuáles cultivos se dejaron de cultivar en los últimos 10 años?

CULTIVOS NUEVOS INCORPORADOS		CULTIVOS QUE SE DEJARON DE CULTIVAR	
Nombre de cultivo	Razón por la se empezó a cultivar	Nombre de cultivo	Razón por la se dejó de cultivar
1.		1.	
2.		2.	
3.		3.	
4.		4.	
5.		5.	
6.		6.	
7.		7.	
8.		8.	
9.		9.	
10.		10.	
11.		11.	
12.		12.	
13.		13.	
14.		14.	
15.		15.	
16.		16.	
17.		17.	
18.		18.	
19.		19.	
20.		20.	

**Anexo 2: Matriz para el cálculo de subíndices específicos y el IDA para una unidad agropecuaria (UA)**

Subíndices (IEG)	Funciones	Componentes	Numeración de variables por subíndice	Valor Máximo (Vmax)	Valor Estimado (Vi) – UA1	Subíndice UA 1 (Vi/Vmax)	SUBÍNDICES POR GRUPOS	IDA
<i>Subíndice IFER</i> Biodiversidad para alimentación humana	Formadoras	[1]. Animales para carne	1				<i>Índice de Biodiversidad para alimentación humana (IFER)</i> $\sum ((Vi1 + Vi2 + Vi3 + Vi4 + Vi5 + Vi6 + Vi7 + Vi8 + Vi9 + Vi10 + Vi11 + Vi12) / 12)$	
		[2]. Animales para leche	2					
		[3]. Aves ponedoras	3					
		[4]. Peces	4					
	Formadores	[5]. Leguminosas	5					
		Energéticos	[6]. Raíces	6				
	[7]. Tubérculos		7					
	[8]. Granos andinos		8					
	[9]. Cereales		9					
	Reguladoras	[10]. Oleaginosas	10					
		[11]. Frutales	11					
		[12]. Hortalizas	12					
<i>Subíndice IFE</i> Biodiversidad para la alimentación animal	Formadoras	[13]. Leguminosas, semillas, arbóreas y rastreras para animales	1				<i>Índice de Agrobiodiversidad</i> $\sum ((IFER + IFE + IAVA + ICOM) / 4)$	
	Energéticas	[14]. Pastos y cereales para animales	2					
<i>Subíndice IAVA</i> Biodiversidad para mejorar los suelos	Residuos	[15]. Especies de cosechas	1				<i>IAVA</i> $\sum ((Vi1 + Vi2 + Vi3) / 3)$	
	Abonos verdes	[16]. Abonos verdes	2					
	A. biológicas	[17]. Biofertilizantes	3					
<i>Subíndice ICOM</i> Biodiversidad complementaria	Complementarias	[18]. Especies medicinales, estimulantes y sazadoras	1				<i>ICOM</i> $\sum ((Vi1 + Vi2 + Vi3 + Vi4 + Vi5) / 5)$	
		[19]. Flores, plantas ornamentales	2					
		[20]. Maderas	3					
		[21]. Otros usos	4					
		[22]. Cambio climático	5					

### Anexo 3: Matriz de consistencia

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>METODOLOGIA</b>
¿Cuál es el rol de la agrobiodiversidad y la agricultura climática inteligente (ACI) en pequeños agricultores de la cuenca “Crisnejas”?	<b>GENERAL</b> Evaluar económicamente la agricultura climática inteligente (ACI) y la agrobiodiversidad de la agricultura familiar en la cuenca “Crisnejas”, localizada en los departamentos de Cajamarca y La Libertad, con la finalidad de contribuir al fortalecimiento y desarrollo de políticas públicas.	<b>GENERAL</b> El manejo agrícola insostenible de la agrobiodiversidad en la cuenca "Crisnejas" limita la adopción de una agricultura climáticamente inteligente de los pequeños agricultores.	<b>VARIABLES INDEPENDIENTE</b> -Características socioeconómicas - Capital económico y acceso al mercado - Adaptación - Índice de Agrobiodiversidad (IDA)	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> descriptivo y explicativo  <b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> De campo
	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPOTESIS ESPECÍFICAS</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> - Opciones de ACI	<b>TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS</b> - Observación - Encuestas - Base de datos secundarias
	a) Caracterizar y clasificar la agrobiodiversidad de la agricultura familiar en la cuenca “Crisnejas” b) Evaluar la influencia de las condiciones económicas y la agrobiodiversidad sobre adopción de la agricultura climáticamente inteligente (ACI) de la agricultura familiar en la cuenca “Crisnejas” c) Analizar el aporte de las condiciones económicas y la agrobiodiversidad sobre intensidad de adopción de la agricultura climáticamente inteligente (ACI) en la agricultura familiar en la cuenca “Crisnejas”	a) El nivel de agrobiodiversidad presente en las unidades agropecuarias de la cuenca “Crisnejas” muestra un distanciamiento de la sostenibilidad agroecológica y no tiene un impacto económico. b) El capital económico, acceso al mercado, acceso a riego y la agrobiodiversidad influyen en la adopción de la agricultura climáticamente inteligente (ACI) en la cuenca Crisnejas c) El capital económico, acceso al mercado y la agrobiodiversidad influyen en la intensidad de adopción de las opciones de ACI en la cuenca “Crisnejas”	<b>UNIDAD DE ANÁLISIS</b> - Unidad agropecuaria  <b>POBLACIÓN MUESTRA</b> Tamaño muestral estimado = 355 unidades agropecuarias distribuidas os distritos de la cuenca	<b>MÉTODOS DE ANÁLISIS</b> -Índice de Agrobiodiversidad (IDA) - Estadística descriptiva e inferencial

**Anexo 4:** Inventarios de agrobiodiversidad de las unidades agropecuarias encuestadas en la cuenca Crisnejas

<b>Ítem</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
1	Abejas para miel	<i>Apis mellifera</i>
2	Acelga	<i>Beta vulgaris var. Cicla</i>
3	Achira	<i>Canna eduli</i>
4	Aguaymanto	<i>Physalis peruviana L.</i>
5	Aji páprika	<i>Capsicum annuum</i>
6	Ajo	<i>Allium sativum</i>
7	Ajonjolí	<i>Sesamum indicum L.</i>
8	Albahaca	<i>Ocimum basilicum L.</i>
9	Alfalfa	<i>Medicago sativa L.</i>
10	Algarrobo	<i>Hymenaea courbaril L.</i>
11	Apio	<i>Apium graveolens</i>
12	Arracacha	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>
13	Arvejas	<i>Pisum sativum</i>
14	Avena	<i>Avena sativa</i>
15	Avena forrajera	<i>Avena sativa</i>
16	Banano, plátano	<i>Musa acuminata Colla</i>
17	Berenjena	<i>Solanum melongena L.</i>
18	Beterraga	<i>Beta vulgaris</i>
19	Brocoli	<i>Brassica oleracea var. Italica</i>
20	Caballos	<i>Equus caballus</i>
21	Cabras, chivos	<i>Capra aegagrus hircus</i>
22	Cacao	<i>Theobroma cacao L.</i>
23	Cadillo	<i>Bidens pilosa L.</i>
24	Café	<i>Coffea arabica L.</i>
25	Caigua	<i>Cyclanthera pedata</i>
26	Calabaza, chichayo	<i>Cucurbita maxima</i>
27	Camote	<i>Ipomoea batatas</i>
28	Cansaboca	<i>Citrus limon</i>
29	Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>
30	Capuli	<i>Prunus salicifolia</i>
31	Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>
32	Carrizo	<i>Phragmites australis</i>
33	Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>
34	Cebada forrajera	<i>Hordeum vulgare</i>
35	Cebolla	<i>Allium cepa</i>
36	Cebolla china	<i>Allium fistulosum</i>
37	Centeno	<i>Secale cereale (L.) M. Bieb.</i>
38	Centeno forrajero	<i>Secale cereale (L.) M. Bieb.</i>

39	Chalarina	<i>Casimiora Edulis</i>
40	Chirimoya	<i>Annona cherimola</i>
41	Cidra	<i>Citrus medica</i>
42	Cilantro	<i>Coriandrum sativum L.</i>
43	Cipres	<i>Cupressus sempervirens</i>
44	Clavel	<i>Dianthus caryophyllus</i>
45	Codorniz	<i>Coturnix coturnix</i>
46	Col, repollo	<i>Brassica oleracea var. Capitata</i>
47	Colifrol	<i>Brassica oleracea var. Botrytis</i>
48	Conejo	<i>Oryctolagus cuniculus</i>
49	Culantro	<i>Coriandrum sativum</i>
50	Cuy	<i>Cavia Tschudii</i>
51	Dalia	<i>Dahlia coccinea</i>
52	Espinaca	<i>Spinacia oleracea</i>
53	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>
54	Frambueza	<i>Rubus idaeus L</i>
55	Frejol, frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>
56	Fresa	<i>Fragaria vesca</i>
57	Gallina	<i>Gallus gallus domesticus</i>
58	Geraneo	<i>Geranium phaeum</i>
59	Girasol	<i>Helianthus annuus L.: girasol.</i>
60	Gladiolo	<i>Gladiolus communis</i>
61	Granadilla	<i>Passiflora ligularis</i>
62	Guayabo	<i>Psidium guajava</i>
63	Habas	<i>Vicia faba</i>
64	Hierva buena	<i>Mentha spicata</i>
65	Higuera	<i>Ficus carica</i>
66	Hortensias	<i>Hydrangea spp</i>
67	Huacatay	<i>Tagetes minuta</i>
68	Hualango, huarango	<i>Prosopis pallida</i>
69	Laurel	<i>Laurus nobilis</i>
70	Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>
71	Lentejas	<i>Lens culinaris</i>
72	Lima	<i>Citrus × aurantiifolia</i>
73	Limon	<i>Citrus limon</i>
74	Limon dulce	<i>Citrus limetta</i>
75	Lino, linaza	<i>Linum usitatissimum</i>
76	Lirio	<i>Lilium candidum</i>
77	Lucumo	<i>Pouteria lucuma</i>
78	Maiz	<i>Zea mays</i>
79	Mamey	<i>Pouteria sapota</i>
80	Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>

81	Mango	<i>Mangifera indica</i>
82	Mani	<i>Arachis hypogaea</i>
83	Manzana	<i>Pyrus malus L.</i>
84	Manzanilla	<i>Matricaria chamomilla L.</i>
85	Maracuya	<i>Passiflora edulis</i>
86	Margaritas	<i>Bellis perennis</i>
87	Mashua	<i>Tropaeolum tuberosum</i>
88	Melocotonero	<i>Prunus persica</i>
89	Molle	<i>Schinus molle</i>
90	Naranja	<i>Citrus X sinensis</i>
91	Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i>
92	Nogal	<i>Juglans regia</i>
93	Ñuña	<i>Phaseolus vulgaris L.</i>
94	Oca	<i>Oxalis tuberosa</i>
95	Olluco	<i>Ullucus tuberosus</i>
96	Oregano	<i>Origanum vulgare</i>
97	Ovejas, corderos	<i>Ovis orientalis</i>
98	Pacae	<i>Inga feuillei</i>
99	Palto	<i>Persea americana</i>
100	Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
101	Papaya	<i>Carica papaya</i>
102	Pasto	<i>Cynodon dactylon (L.) Pers.</i>
103	Patos	<i>Anas platyrhynchos domesticus</i>
104	Pavo	<i>Meleagris gallopavo f. domestica</i>
105	Pencas	<i>Silybum marianum (L.)</i>
106	Pepinillo	<i>Cucumis sativus</i>
107	Pepino	<i>Cucumis sativus</i>
108	Perejil	<i>Petroselinum crispum</i>
109	Pino	<i>Pinus sylvestris</i>
110	Platano	<i>Musa × paradisiaca</i>
111	Porcino, chanchos	<i>Sus scrofa domesticus</i>
112	Poró	<i>Allium porrum</i>
113	Poroto, pajuro	<i>Erythrina edulis</i>
114	Purpuro, granadilla púrpura	<i>Passiflora edulis</i>
115	Quenuales	<i>Polylepis tarapacana</i>
116	Quinoa	<i>Chenopodium quinoa</i>
117	Quiwicha	<i>Amaranthus caudatus</i>
118	Rabano	<i>Raphanus sativus</i>
119	Retama	<i>Casia reticulata Willd.</i>
120	Rocoto	<i>Capsicum pubescens</i>
121	Rosas	<i>Rosa sp.</i>
122	Ruda	<i>Ruda graveolens</i>

123	Rye grass	<i>Lolium multiflorum</i>
124	San Jacinto	<i>Zephyranthes carinata Herb.</i>
125	Sauco	<i>Sambucus nigra</i>
126	Sorgo	<i>Sorghum bicolor L. Moench</i>
127	Sorgo	<i>Sorghum vulgare Pers.</i>
128	Tara, taya	<i>Tara spinosa</i>
129	Tarwi	<i>Lupinus mutabilis</i>
130	Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>
131	Tornillo	<i>Cedrelinga cateniformis</i>
132	Toronja	<i>Citrus aurantium</i>
133	Toronjil	<i>Melissa officinalis</i>
134	Trebol blanco	<i>Trifolium repens</i>
135	Trebol rojo	<i>Trifolium pratense</i>
136	Trigo	<i>Triticum aestivum</i>
137	Trucha	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
138	Tuna	<i>Opuntia ficus-indica</i>
139	Vacuno	<i>Bos taurus</i>
140	Valeriana	<i>Erechtites valerianifolius (Wolf) DC.</i>
141	Verbena	<i>Verbena litoralis Kunth.</i>
142	Yacon	<i>Smallanthus sonchifolius</i>
143	Yuca	<i>Manihot esculenta</i>
144	Zanahoria	<i>Daucus carota</i>
145	Zapallo	<i>Cucurbita maxima</i>
146	Zarzamoras	<i>Rubus plicatus</i>