

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS
NATURALES Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE**



**“CONTRIBUCIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD DE LAS
QUENOPODIACEAS A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA DE
LOS PRODUCTORES EN PUNO-PERÚ**

Presentada por:

IVONNE FANNY REYES MANDUJANO

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

Lima-Perú

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES Y EL
DESARROLLO SUSTENTABLE

“CONTRIBUCIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD DE LAS QUENOPODIACEAS A
LA SEGURIDAD ALIMENTARIA DE LOS PRODUCTORES EN PUNO-PERÚ”

Presentada por:

Ivonne Fanny Reyes Mandujano

Tesis para optar el grado de

Doctoris Philosophiae

Sustentada y aprobada ante el siguiente Jurado:

.....
Dra. María Isabel Manta Nolasco
Presidente

.....
Dr. Roberto Daniel Ponce Oliva
Asesor

.....
Dra. Luz Gómez Pando
Miembro

.....
Dr. Waldemar Mercado Curi
Miembro

.....
Dra. Laura Silva Alvarado Barbarán
Miembro Externo

DEDICATORIA

A mi padre, Helmer Reyes Martínez, quien me inculcó el interés por las ciencias y la investigación, a pesar de ya no contar con su presencia física siempre mantengo presente sus valores y valiosas enseñanzas

A mi madre, Epifania Mandujano por su gran apoyo y amor incondicionales; a su ejemplo de compromiso y responsabilidad, grandes valores que atesoro.

A mi hijo, Álvaro Leonardo Yactayo Reyes, razón de mi vida y motivo de superación y entrega. Que este esfuerzo sirva de ejemplo y guía para él.

A Aldo Yactayo Flores, por su compañía y apoyo incondicional en cada uno de mis emprendimientos.

A mi hermano Rubén, por compartir sus experiencias, cariño; por los ánimos y la seguridad que me brinda con sus consejos.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Waldemar Mercado, Coordinador del Programa de Doctorado en Economía de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, por su acompañamiento, enseñanzas académicas y consejos durante este periplo.

Al Dr. Roberto Ponce Oliva, por su acompañamiento académico, comprensión y tolerancia.

Al Dr. Francisco Fernández, por su por su acompañamiento académico, comprensión y tolerancia.

En general a todos los miembros del comité asesor, por sus aportes sugerencias y críticas constructivas, en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la Línea 2 de Investigación en la Agrobiodiversidad de Granos Andinos del Doctorado en Economía de los Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, que a través del Convenio de Subvención N.º 200-2015-FONDECYT, otorgó subvenciones para el desarrollo de tesis Doctorales.

A todos los que forman parte de la administración del Doctorado en Economía de Los Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable; por su compromiso y disposición para encontrar soluciones inherentes a la ejecución eficiente del presupuesto asignado para el desarrollo de la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1.1. General	3
1.1.2. Específicos	3
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. LA AGROBIODIVERSIDAD DE CULTIVOS CON PROSPECCIÓN PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN CENTROS DE ORIGEN Y DIVERSIDAD GENÉTICA.	6
2.1.1. El concepto y alcance de la biodiversidad y agrobiodiversidad	6
2.1.2. Los centros de origen y diversidad genética	10
2.1.3. La agrobiodiversidad y seguridad alimentaria	12
2.1.4. La agrobiodiversidad y los sistemas agrícolas	15
2.2. MODELO BIOECONÓMICO DE HOGAR AGRÍCOLA (MBHA) Y LA EVALUACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO	27
3.1.1. Área de estudio	27
3.1.2. Ubicación geográfica del departamento de Puno-Perú	28
3.1.3. Hogar agrícola en el departamento de Puno-Perú	29
3.1.4. Producción agrícola en Puno-Perú	30
3.1.5. Seguridad alimentaria en el departamento de Puno-Perú	31
3.1.6. La pobreza en el departamento de Puno-Perú	32
3.1.7. La agrobiodiversidad en el departamento de Puno-Perú	32
3.2. REPRESENTATIVIDAD DE LAS FAMILIAS AGRÍCOLAS PRODUCTORAS DE QUINUA EN PUNO-PERÚ	33
3.2.1. Cálculo del tamaño de la muestra y el diseño muestral	33
3.2.2. Herramientas para la recolección de la información	38
3.3. ESTRATEGIAS PREVIAS PARA LA ADAPTACIÓN DEL MBHA	39
3.3.1. Construcción tipológica de hogares agrícolas de subsistencia en función a indicadores de seguridad alimentaria y agrobiodiversidad	40

3.3.2.	Determinación de grupos agrobiodiversidad-seguridad alimentaria, evaluación de las asociaciones estadísticas-----	49
3.4.	ESTRUCTURA MATEMÁTICA DEL MODELO BIOECONÓMICO DE HOGAR AGRÍCOLA (MBHA) Y LAS ADAPTACIONES -----	49
3.4.1.	Adaptación del Modelo Bioeconómico de Hogar Agrícola de Louhichi <i>et al.</i> (2013)-----	57
3.4.2.	Modelo conceptual que relaciona la agrobiodiversidad con rendimiento agrícola -----	58
3.5.	APLICACIÓN DEL MODELO BIOECONÓMICO DE HOGAR AGRÍCOLA (MBHA) -----	62
3.5.1.	Base de datos -----	62
3.5.2.	Escenarios de agrobiodiversidad-----	65
3.5.3.	Limitaciones y supuestos del modelo -----	67
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	69
4.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MUESTRA DE LOS HOGARES AGRÍCOLAS, PRODUCTORAS DE QUINUA, DE PUNO-PERÚ -----	69
4.2.	CONSTRUCCIÓN TIPOLÓGICA EN FUNCIÓN A INDICADORES DE AGROBIODIVERSIDAD	71
4.3.	CONSTRUCCIÓN TIPOLÓGICA EN FUNCIÓN A INDICADORES DE SEGURIDAD ALIMENTARIA -----	78
4.4.	DETERMINACIÓN DE GRUPOS EN FUNCIÓN A LAS TIPOLOGÍAS DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y AGROBIODIVERSIDAD, EVALUACIÓN DE LAS ASOCIACIONES ESTADÍSTICAS -----	84
4.5.	CARACTERÍSTICAS DE LOS HOGARES AGRÍCOLAS SEGÚN LOS NIVELES DE AGROBIODIVERSIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA, Y AGROBIODIVERSIDAD DE LA QUINUA Y CAÑIHUA -----	88
4.5.1.	Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad medio (H1)-----	91
4.5.2.	Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad integral muy bajo (H2)- -----	93
4.5.3.	Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad bajo (H3) -----	95
4.5.4.	Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad integral alto (H4) ---	97
4.6.	APLICACIÓN DEL MODELO BIOECONÓMICO DE HOGARES AGRÍCOLAS (MBHA) Y LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA AGROBIODIVERSIDAD SOBRE PRODUCCIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIA DE PRODUCTORES DE QUINUA DE PUNO-PERÚ -----	99

4.6.1.	Impactos a nivel regional de la agrobiodiversidad sobre el uso de la tierra y la asignación de los tipos de finca. -----	101
4.6.2.	Impacto a nivel regional de la agrobiodiversidad sobre la oferta, demanda, ingresos y autoconsumo. -----	102
4.6.3.	Impacto de la agrobiodiversidad sobre la producción agrícola en cada tipo de hogar agrícola del departamento de Puno-Perú -----	106
4.6.4.	Impacto de la agrobiodiversidad sobre el autoconsumo, demanda, ingresos/ha, oferta y uso de la tierra en cada tipo de hogar agrícola del departamento de Puno-Perú-----	111
4.6.5.	Impactos Económicos de la agrobiodiversidad en cada tipo de hogar agrícola del departamento de Puno-Perú-----	115
4.6.6.	Impactos Económicos de la agrobiodiversidad sobre la pobreza y pobreza extrema en cada tipo de hogar agrícola del departamento de Puno-Perú-----	117
4.7.	IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA POLÍTICA DE CONSERVACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD SOBRE LA PRODUCCIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIA -----	121
4.7.1.	Impacto de la conservación de la agrobiodiversidad sobre la seguridad alimentaria y producción a nivel local (provincias) -----	122
4.7.2.	Impacto de la conservación de la agrobiodiversidad sobre la seguridad alimentaria y producción a nivel regional.-----	128
4.8.	IMPLICANCIAS DE LAS POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD SOBRE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA, LA POBREZA, LOS INGRESOS AGRÍCOLAS Y EL AUTOCONSUMO, EN EL MARCO DE LOS OBJETIVOS DE LA AGENDA 2030 -----	130
V.	CONCLUSIONES -----	137
VI.	RECOMENDACIONES -----	139
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	141
VIII.	ANEXOS -----	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de organización, estudio y medida de la biodiversidad.....	8
Tabla 2. Métodos, estrategia de búsqueda, criterios de elegibilidad considerados en la revisión sistemática.....	17
Tabla 3. Características de estudios incluidos en la Revisión sistemática.	20
Tabla 4. Resultado del modelo de regresión con respecto al análisis de datos para la variable de producción.....	34
Tabla 5. Análisis ANOVA para determinar coeficientes de correlación entre los grupos..	35
Tabla 6. Número de productores de quinua por provincia.	36
Tabla 7. Estimación del tamaño muestral por provincia.	37
Tabla 8. Distribución de encuestas por provincias, considerando el 10 por ciento adicional.	37
Tabla 9. Componentes de la agrobiodiversidad considerados para la construcción de las tipologías	43
Tabla 10. Indicadores de seguridad alimentaria empleadas en la construcción tipológica.	46
Tabla 11. Ejemplo de cálculo de requerimiento de proteínas por día.	47
Tabla 12. Descripción de los tipos de finca en función al número de tipos de quinua y cañihua.....	64
Tabla 13. Descripción y caracterización de los escenarios	67
Tabla 14. Preparaciones más comunes en el día, de los productores de quinua del departamento de Puno.	69
Tabla 15. Clasificación de acuerdo con el porcentaje de adecuación calórico-proteico.	70
Tabla 16. Adecuación energética en la muestra de agricultores encuestados del departamento de Puno.	70
Tabla 17. Tipología de los hogares agrícolas en función varios componentes de agrobiodiversidad	76

Tabla 18. Tipologías de hogares agrícolas en función a varios indicadores de Seguridad Alimentaria.....	82
Tabla 19. Correlaciones entre los niveles de agrobiodiversidad y niveles de seguridad alimentaria, caracterizando a cada una de las provincias del departamento de Puno-Perú.	85
Tabla 20. Análisis de Chi-cuadrado entre los niveles de agrobiodiversidad y seguridad alimentaria.	88
Tabla 21. Resumen las relaciones entre los niveles de agrobiodiversidad de la finca (H), el nivel de seguridad alimentaria (HSA), los tipos de finca (VarQC) y las provincias**.....	90
Tabla 22. Principales características de los escenarios de conservación de la agrobiodiversidad	100
Tabla 23. Implicancias de la implementación de una política de conservación de la agrobiodiversidad sobre la población de estudio.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Agrobiodiversidad intra-específica e inter-específica en contexto de agroecosistema.	9
Figura 2. Agrobiodiversidad en sistemas agrícolas de economías rurales. Fuente: Brookfield, H. & Stocking, M. (1999).	10
Figura 3. Producción de quinua en Perú. Fuente: Tapia <i>et al.</i> , (1997).	33
Figura 4. Mapa del departamento de Puno- Perú, los círculos rojos representan la proporción de encuestas tomadas en cada provincia de acuerdo al diseño y tamaño muestral establecido. Fuente: Elaboración propia.	38
Figura 5. Decisiones de producción y consumo no separables. Fuente: Adaptación de Louhichi <i>et al</i> (2013).	53
Figura 6. Descripción gráfica de la relación entre el rendimiento de la quinua de preferencia (QP) y la conservación de la agrobiodiversidad de cultivos menos representativos para el agricultor (ACNR) en una determinada área de cultivo. En A se muestra la relación ACNR – QP cóncavo y en B la relación convexa.	61
Figura 7. Número de variedades <i>versus</i> rendimiento medio de la quinua.	71
Figura 8. Gráfico de barras, que representa los valores <i>Eigen</i> por Componente Principal. PC1, PC2 y PC3 cumplen con el criterio de <i>Kaiser</i>	72
Figura 9. Círculo de correlación de variables de agrobiodiversidad intra e inter-específicos. Las direcciones opuestas de las flechas representan correlaciones negativas perfectas entre las variables que las representan. Mientras que las flechas que tienen un mismo sentido representan correlaciones positivas, cuyo ángulo define el grado de correlación. Un ángulo de 90° entre las variables, significa que no existe relación entre ellas.	73
Figura 10. Análisis Clúster. A. Gráfica de barras mostrando la variabilidad (inercia explicada) por la sucesiva combinación entre los componentes. B. Dendrograma mostrando las distancias Euclidianas.	74

Figura 11. Resultados del Análisis de Componentes Principales y Clúster Jerárquico de una muestra representativa (n=461) de productores de quinua del departamento de Puno-Perú. Se muestra la formación de cuatro grupos o clúster.	75
Figura 12. Distribución de los niveles de agrobiodiversidad integral dentro de cada provincia.	77
Figura 13. Gráfico de barras, que representa los valores <i>Eigen</i> por Componente Principal, PC1, PC2, PC3 y PC4 cumplen con el criterio de <i>Kaiser</i>	78
Figura 14. Círculo de correlación de variables de seguridad alimentaria. Las direcciones opuestas de las flechas representan correlaciones negativas perfectas entre las variables que las representan. Mientras que las flechas que tienen un mismo sentido representan correlaciones positivas, cuyo ángulo define el grado de correlación. Un ángulo de 90° entre las variables, significa que no existe relación entre ellas.	79
Figura 15. Análisis Clúster. A. Gráfica de barras mostrando la variabilidad (inercia explicada) por la sucesiva combinación entre los componentes. B. Dendrograma mostrando las distancias Euclidianas.	80
Figura 16. Resultados del Análisis de Componentes Principales y Clúster Jerárquico de una muestra representativa (n=461) de productores de quinua del departamento de Puno-Perú. Se muestra la formación de cuatro grupos o clúster.	81
Figura 17. Distribución de niveles de seguridad alimentaria dentro de cada provincia.	84
Figura 18. Representación gráfica de las correlaciones entre los niveles de agrobiodiversidad integral presente en la finca y los niveles de seguridad alimentaria global de los productores de quinua de Puno-Perú.	86
Figura 19. Representación gráfica de la distribución de las correlaciones entre los niveles de agrobiodiversidad presente en la finca, el nivel de seguridad alimentaria de los productores de quinua y las provincias del departamento de Puno-Perú.	87
Figura 20. Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad medio (H1). Se muestran los cuatro grados de seguridad alimentaria (HSA), se destacan HSA1 (Lampa) y HSA2 (Collao).	92

Figura 21. Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad medio (H1). Se observa el consolidado de porcentajes de los tipos de finca VarQ1C1, VarQ2C1, VarQ1C2 agrupados y los otros tipos. Se observa la distribución porcentual de las variables de interés.	93
Figura 22. Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad muy bajo (H2). Se muestran los tres grados de seguridad alimentaria (HSA) existentes, se destaca HSA3 (Chucuito Puno).....	94
Figura 23. Hogares agrícolas con niveles de agrobiodiversidad muy bajo (H2). Se observa el consolidado de porcentajes de los tipos de finca VarQ1C1, VarQ2C1. Se observa la distribución porcentual de las variables de interés.	95
Figura 24. Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad bajo (H3). Se muestran los cuatro grados de seguridad alimentaria (HSA) existentes, se destaca HSA4 (San Román, Azángaro).	96
Figura 25. Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad bajo (H3). Se observa el consolidado de porcentajes de los tipos de fincas existentes en la zona. Se observa la distribución porcentual de las variables de interés.	97
Figura 26. Hogares agrícolas con nivel de agrobiodiversidad alto (H4). Se muestran los tres grados de seguridad alimentaria (HSA) existentes, se destacan HSA4 (Melgar, Huancané).	98
Figura 27. Hogares agrícolas con niveles de agrobiodiversidad altos (H4). Se observa el consolidado de porcentajes de los tipos de finca. Se observa la distribución porcentual de las variables de interés.	99
Figura 28. En la línea de base, se muestra el uso de las áreas de cultivo para cada tipo de finca en el departamento de Puno-Perú. Los escenarios <i>YdChg</i> , <i>MinCB</i> , <i>MaxCB</i> y <i>Trde off</i> , representan diferentes niveles de ACNR.....	102
Figura 29. En la línea de base; los porcentajes de oferta e ingresos obtenidos en cada tipo de finca dentro del departamento de Puno-Perú. Los escenarios <i>YdChg</i> , <i>MinCB</i> , <i>MaxCB</i> y <i>Trde off</i> , representan diferentes niveles de ACNR.	104

Figura 30. En la línea de base; los porcentajes de demanda y autoconsumo obtenidos en cada tipo de finca dentro del departamento de Puno-Perú. Los escenarios <i>YdChg</i> , <i>MinCB</i> , <i>MaxCB</i> y <i>Trde off</i> , representan diferentes niveles de ACNR.	106
Figura 31. Impacto de niveles de ACNR sobre la producción de QP de los hogares agrícolas de las provincias de Lampa y Collao.....	108
Figura 32. Impacto de niveles de ACNR sobre la producción de QP de los hogares agrícolas de las provincias de Puno y Chucuito.....	109
Figura 33. Impacto de niveles de ACNR sobre la producción de QP de los hogares agrícolas de las provincias de Azángaro y San Román.	110
Figura 34. Impacto de niveles de ACNR sobre la producción de QP de los hogares agrícolas de las provincias de Huancané y Melgar.	111
Figura 35. Impacto de los niveles de ACNR en los tipos de finca a través de las provincias.	114
Figura 36. Impacto económico de la conservación de ACNR sobre los ingresos agrícolas en las provincias de Lampa y Collao, por SC.	115
Figura 37. Impacto económico de la conservación de ACNR sobre los ingresos agrícolas en las provincias de Puno y Chucuito, por SC.	116
Figura 38. Impacto económico de la conservación de ACNR sobre los ingresos agrícolas en las provincias de San Román y Azángaro, por SC.	116
Figura 39. Impacto económico de la conservación de ACNR sobre los ingresos agrícolas en las provincias de Melgar y Huancané, por SC.....	117
Figura 40. Posición de los hogares agrícolas productores de quinua, con respecto a la línea de pobreza y pobreza extrema a través los diferentes escenarios de conservación de ACNR, considerando los ingresos agrícolas y no agrícolas.	120

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Circulo de correlación de variables de agrobiodiversidad y plano principal. A y B corresponden al análisis de PC1 y PC2. C y D corresponden a PC1 y PC3.....	154
Anexo 2. Resultados del Análisis de Componentes Principales y Clúster Jerárquico para la agrobiodiversidad. Se muestra la formación de cuatro grupos o clúster.	155
Anexo 3. Circulo de correlación de variables de seguridad alimentaria y plano principal de encuestados. A y B corresponden a PC1y PC2. C y D corresponden a PC1 y PC3. E y F corresponden a PC1 Y PC4.	156
Anexo 4. Resultados del Análisis de Componentes Principales y Clúster Jerárquico para la seguridad alimentaria. Se muestra la formación de cuatro grupos o clúster.	157
Anexo 5. Variables analizadas para caracterizar a los agricultores de quinua en función a los clústeres de biodiversidad y seguridad alimentaria.	158
Anexo 6. Encuesta Aplicada Octubre -2017 a 461 productores de quinua del departamento de Puno (contiene: encuesta y cartilla para la evaluación de cantidades consumidas de los alimentos).	160
Anexo 7. Glosario de términos.	169

ABREVIATURAS Y SIGLAS

ACNR	Conservación de la Agrobiodiversidad de cultivos No Representativos para el agricultor.
AE	Adecuación de Energía.
AP	Adecuación de Proteínas.
PCA	Análisis de Componentes Principales
BP	Brecha de Pobreza.
C	Tipos de Cañihua.
CBD	Convenio sobre la Biodiversidad Biológica.
<i>CropPrice</i>	Precio del cultivo en chacra.
GAMS	Sistema General de Modelado Algebraico, software.
H	Nivel de agrobiodiversidad de la finca.
H1	Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad medio. Agrobiodiversidad inter-específica baja e intra-específica alta Baja.
H2	Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad muy bajo. Agrobiodiversidad inter e intra-específicos bajos.
H3	Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad bajo. Agrobiodiversidad inter-específica alta e intra-específica baja.
H4	Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad alto. Agrobiodiversidad inter e intra-específicos altos.
HA_Sub	Hogares Agrícolas de Subsistencia
AAJ	Análisis de Agrupamiento Jerárquico
HSA	Nivel de Seguridad Alimentaria del Hogar agrícola.
HSA1	Hogares agrícolas con un nivel de Seguridad alimentaria Bajo. Bajos ingresos y alto autoconsumo.
HSA2	Hogares agrícolas con un nivel de Seguridad alimentaria alto. Altos ingresos y alto autoconsumo.
HSA3	Hogares agrícolas con un nivel de Seguridad alimentaria medio. Altos ingresos y bajo autoconsumo.
HSA4	Hogares agrícolas con un nivel de Seguridad alimentaria muy bajo. Bajos ingresos, bajo autoconsumo.
IDH	Índice de Desarrollo Humano.

<<Continuación>>

<i>InputCost</i>	Costos de insumos
MaxCB	Escenario que simula niveles máximos de ACNR asumiendo que $\alpha=1$. Representa al policultivo exclusivo.
MBHA	Modelo Bioeconómico de Hogar Agrícola.
MinCB	Escenario que simula niveles mínimos de ACNR asumiendo que $\alpha=1$. Representa al monocultivo exclusivo
ODS	Objetivos del Desarrollo Sostenible.
PCA	Análisis de Componentes Principales.
PL	Programación Lineal.
PM	Programación Matemática.
PMP	Programación Matemática Positiva.
<i>PriceFamLab</i>	Precio de la mano de obra familiar.
<i>PriceHrdLab</i>	Precio de la mano de obra contratada.
Q	Tipos de la Quinua.
QP	Rendimiento de la Quinua de Preferencia.
SC	Sistema de cultivo intensivo/extensivo.
SE	Servicios Ecosistémicos.
<i>Trade off QP-ACNR</i>	Escenario en el que se simula el <i>Trade off</i> entre la conservación de ACNR y el rendimiento de QP.
VarQC	Tipos de finca en función al número de tipos de quinua y cañihua presentes en la finca.
YdChg	Escenario en el que se asume un cambio o variación en el rendimiento agrícola de QP (no considera ningún nivel de agrobiodiversidad), del 10 por ciento para los sistemas de cultivo intensivo y de 30 por ciento para los sistemas de cultivo extensivos producidos por cualquier tipo de factor externo, ya sea este ambiental, social o político.
<i>Yield</i>	Rendimiento.

RESUMEN

Tres cuartas partes de los pobres del mundo son agricultores, y viven en zonas rurales sujetos a riesgos ambientales y a pérdida de la agrobiodiversidad. Estos aspectos, aparentemente, vulneran la seguridad alimentaria local y global, acentuando la desnutrición, las enfermedades crónicas y los problemas de salud ocupacional, los cuales, a su vez, reducen el rendimiento laboral, la productividad, los ingresos y perpetúan la pobreza. En este contexto, herramientas holísticas como los modelos bioeconómicos, podrían ayudarnos a comprender el impacto que tendría la implementación de una política de conservación de la agrobiodiversidad en la producción y seguridad alimentaria; sin embargo, no se han encontrado modelos que consideren la agrobiodiversidad, el comportamiento económico de los agricultores de subsistencia y la seguridad alimentaria, simultáneamente. Por este motivo, este estudio se propuso como objetivo evaluar el impacto de la conservación de la agrobiodiversidad de las quenopodiáceas sobre la producción y seguridad alimentaria de los productores de quinua de Puno a través de la identificación, adaptación y aplicación de un Modelo Bioeconómico de Hogar Agrícola (MBHA). Para ello; i) se aplicaron 461 encuestas a una muestra representativa de Hogares Agrícolas de Subsistencia (HA_Subs) que producen quinua en Puno-Perú, ii) los HA_Subs fueron clasificados en términos de seguridad alimentaria y agrobiodiversidad, y luego se determinó la asociación estadística entre estos grupos y su distribución regional; y iii) Se identificó, adaptó y aplicó un MBHA. Para identificar el modelo se realizó una revisión sistemática de literatura. Para la adaptación, se propuso e integró un modelo conceptual de agrobiodiversidad. Finalmente, se simuló escenarios de conservación de la agrobiodiversidad y los impactos sobre indicadores de producción (oferta), seguridad alimentaria (autoconsumo, demanda e ingresos) y pobreza. Los resultados evidencian impactos positivos de conservación de la agrobiodiversidad sobre dimensiones económicas (producción), sociales (seguridad alimentaria), ecológicas (biodiversidad natural); aunque, estas dependen de las características de la agrobiodiversidad basal de las fincas, de las prácticas agrícolas, el nivel de autoconsumo y la organización de la finca. Por lo tanto, los resultados permiten identificar las provincias donde la

implementación de una política de conservación de la agrobiodiversidad generaría impactos positivos sobre la seguridad alimentaria local y global y capitalizar las oportunidades de su conservación. La propuesta busca delimitar los alcances en la implementación de esta política en el departamento de Puno-Perú para hacerla viable, eficiente y costo-efectiva, y así contribuir con los problemas que se plantean en los ODS 1 (pobreza), ODS 2 (seguridad alimentaria) y los ODS 15 (protección de la biodiversidad) de la Agenda 2030.

Palabras clave: Agrobiodiversidad, Seguridad Alimentaria, Quinoa, Cañihua Modelo Bioeconómico, Impactos Económicos, Modelo de Hogar Agrícola.

ABSTRACT

Three-quarters of the poor of the world are farmers and live in rural areas subject to environmental risks and loss of agrobiodiversity. These aspects violate local and global food security, accentuating malnutrition, chronic diseases and occupational health problems, which, in turn, reduce job performance, productivity, income and perpetuate poverty. In this context, holistic tools such as bioeconomic models could help us understand the impact that the implementation of an agrobiodiversity conservation policy would have on production and food security; however, no models have been found that consider agrobiodiversity, the economic behavior of subsistence farmers and food security simultaneously. For this reason, this study set out to evaluate the impact of the conservation of the agrobiodiversity of the quenopodeáceas on the production and food security of the quinoa producers of Puno-Perú, through the identification, adaptation and application of a Farm Household Bioeconomic Model (FHBM). For this, i) 461 surveys were applied to a representative sample of Subsistence Farmer Households (HA_Subs) that produce quinoa in Puno-Peru, ii) HA_Subs were classified in terms of food security and agrobiodiversity indicators, and then the statistical association between these groups was determined and its regional distribution, iii) An FHBM was identified, adapted and applied. To identify the model, a systematic literature review was carried out. For adaptation, a conceptual model of agrobiodiversity was proposed and integrated. Finally, food scenarios were simulated for the conservation of agrobiodiversity and the impacts on indicators of production (supply), security (self-consumption, demand and income) and poverty. The results show positive impacts of agrobiodiversity conservation on economic (production), social (food security), and ecological (natural biodiversity) dimensions; although, these depend on the characteristics of the basal agrobiodiversity of the farms, the agricultural practices, the level of self-consumption and the organization of the farm. Therefore, the results allow us to identify the provinces where the implementation of an agrobiodiversity conservation policy would generate positive impacts on local and global food security and capitalize on the opportunities for their conservation. The proposal seeks to define the scope of the implementation of this policy in the Department of Puno-Peru to make it viable, efficient

and cost-effective, and thus contribute to the problems that arise in SDGs 1 (poverty), SDGs 2 (security food) and SDGs 15 (protection of biodiversity) of the 2030 Agenda.

Keywords: Agrobiodiversity, Food Security, Quinoa, Bioeconomic Model, Economic Impacts, Farm Household Model

I. INTRODUCCIÓN

Un sistema agrícola es la suma de relaciones entre los sistemas de producción y la estructura social y económica de la población (Saravia Matus 2016), por esta característica, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) la define en términos de hábitat o personas que viven juntas, que toman decisiones y establecen objetivos en común (sistema de producción). En consecuencia, la agricultura familiar y la finca o unidad de producción no pueden considerarse por separado (Saravia Matus 2016). Sin embargo, muchos de los estudios realizados en estos sistemas de producción se han sesgado a la aplicación de modelos puramente estadísticos, matemáticos o económicos; omitiendo muchas de las interacciones entre los elementos de este sistema. Entre ellos, y quizás el más importante la biodiversidad, considerado un servicio ecosistémico de soporte, básico para el desarrollo de otros servicios ecosistémicos como los que se vinculan con los sistemas de alimentación y la salud, que a su vez interactúan con los sistemas sociales (Ericksen *et al.* 2010).

Del mismo modo, la agrobiodiversidad, que forma parte de la biodiversidad, se define, según la FAO, como el resultado de las interacciones entre el ambiente, los recursos genéticos y los sistemas de gestión y las prácticas usadas por personas de diferentes culturas dentro de la finca, que incluye i) variedades de cultivos cosechados, razas de ganado, entre otros; ii) especies no cosechadas en ecosistemas de producción que apoyan la provisión de alimentos (microbiota del suelo, polinizadores y otros insectos como abejas, lombrices de tierra, etc.); y iii) especies no cosechadas en un entorno más amplio que apoyan los ecosistemas de producción de alimentos (ecosistemas agrícolas, pastorales, forestales y acuáticos) (FAO 2004a).

Teniendo en cuenta que, los efectos ambientales, climáticos, económicos, sociales y otros, se perciben mejor localmente, se viene alentando el desarrollo de la investigación con relación a la producción, la seguridad alimentaria, la economía y el ambiente a nivel de hogares. Esto con el objetivo de representar, estudiar o planificar sistemas integrados más

complejos con mayor precisión; que consideren las opciones de gestión adaptativa, las disponibilidades y limitaciones de recursos, los determinantes socioeconómicos locales a nivel de las familias (Jones *et al.* 2017). Así también, las tendencias de políticas ambientales y económicas con respecto a la agricultura familiar buscan alcanzar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas para mejorar los rendimientos, la seguridad alimentaria, la salud, reducir la pobreza, y conservar la biodiversidad. De allí la importancia de generar evidencia científica con relación a todos estos componentes.

En este sentido, se han desarrollado modelos bioeconómicos para establecer relaciones entre las ciencias económicas y biofísicas (Kruseman 2000) a fin de mejorar el entendimiento de la complejidad de los sistemas de producción y poder evaluar los efectos de políticas y nuevas tecnologías. Estos modelos describen procesos biológicos y predicen los efectos de las decisiones de gestión y estrategias sobre estos procesos, en términos de algunas medidas de desempeño económico – usualmente la utilidad. Su evaluación podría estar basada en métodos de optimización o en un ranking exhaustivo de estrategias factibles. Bajo esta definición un modelo de maximización de la utilidad estática que incluye una función de respuesta biológica puede ser llamado modelo bioeconómico (King *et al.* 1993).

Los modelos bioeconómicos de hogar agrícola aparecen en la literatura agro-económica entre 1960 y 1970 y con el avance informático, se han convertido en herramientas útiles, no sólo para la investigación; sino también para dar un soporte directo a las decisiones de gestión de la producción de los cultivos; por ejemplo en la irrigación, pesticidas, entre otros (King *et al.* 1993). Los objetivos básicamente son maximizar rendimientos, ganancias, o cualquier otra función de bienestar considerando las capacidades renovables. La sostenibilidad ambiental generalmente ingresa en el modelo bioeconómico a través de los impactos en la capacidad de carga de existencias o las tasas de crecimiento intrínsecas (Sundar 2016).

No obstante, la información disponible al día de hoy muestra que, en general, el Modelo Bioeconómico de Hogar Agrícola (MBHA), se inclina hacia alguna de estas características; i) la maximización de beneficios económicos, ii) algunos no consideran la heterogeneidad de los hogares agrícolas; es decir, el comportamiento de una agricultura familiar de subsistencia, iii) casi siempre, no integran variables imprescindibles para la sostenibilidad de los agroecosistemas como la agrobiodiversidad; iv) Su aplicación en hogares agrícolas de

países en desarrollo obvia resaltar características como la diversidad genética; vi) su evaluación se restringe a los impactos biofísicos tales como la reducción de la erosión del suelo, la polución del nitrato, el balance de materia orgánica y otros similares.

Por esta razón, el presente estudio busca llenar estas brechas de conocimiento al responder las siguientes preguntas de investigación ¿Es posible evaluar el impacto de la agrobiodiversidad de las quenopodiáceas sobre la producción agrícola y la seguridad alimentaria en una muestra representativa de Hogares Agrícolas de Subsistencia (HA_Subs) , aplicando un modelo bioeconómico de hogar agrícola? ¿Existe un impacto de la agrobiodiversidad de los granos andinos sobre la producción agrícola y la seguridad alimentaria en HA_Subs ubicados en centros de origen con gran diversidad genética de quenopodiáceas? ¿Cuáles son las implicancias de este impacto para los HA_Subs que producen alimentos con prospección para la seguridad alimentaria global?

1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. General

Evaluar el impacto de la implementación de una política de conservación de la agrobiodiversidad de las quenopodiáceas sobre la producción y seguridad alimentaria de HA_Subs que producen quinua en Puno-Perú.

1.1.2. Específicos

- Describir el valor socioeconómico de la agrobiodiversidad de quenopodiáceas producidas en Puno-Perú, centro de diversidad biológica de la quinua y la cañihua, cultivos de importancia para la seguridad alimentaria global.
- Identificar y determinar las características y alcances de un Modelo Bioeconómico de Hogar Agrícola (*Farm-Household model*), con la finalidad de integrar la variable agrobiodiversidad, y evaluar el comportamiento económico de HA_Subs.
- Adecuar, proponer y aplicar el Modelo Bioeconómico de Hogar Agrícola (MBHA) para evaluar el impacto de la implementación de una política de conservación de la

agrobiodiversidad sobre la producción agrícola y la seguridad alimentaria de una muestra representativa de HA_SubS que producen quinua en Puno-Perú.

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Según el Informe sobre el Desarrollo Mundial de 2008 (Banco Mundial 2008), tres cuartas partes de los pobres del mundo viven en zonas rurales y la mayoría de ellos se dedica a la agricultura (Naciones Unidas y CEPAL, s.f.). Estos Hogares Agrícolas de Subsistencia (HA_SubS) interactúan con la agrobiodiversidad a través de sus actividades y preferencias; y responden a diferentes condiciones ambientales, tales como los desastres naturales, el cambio climático y otros fenómenos que ejercen presión sobre los recursos de los que dependen para su alimentación.

En este contexto y tras la pérdida progresiva de la agrobiodiversidad, la seguridad alimentaria local y global, y las estrategias para alcanzar una agricultura sustentable se han convertido en temas importantes en la agenda política internacional de hoy. Por ejemplo, la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) han planteado entre sus objetivos «*Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible*».

Para alcanzar estos objetivos, los diseñadores de políticas y los agricultores demandan información y análisis *ex-ante* de los sistemas agrícolas a fin de determinar acciones relacionadas a políticas y planes. Vista esta necesidad se han propuesto, entre otras herramientas, los modelos bioeconómicos, los cuales se definen como una representación ideal y simplificada de la realidad que nos ayuda a comprender cómo funcionan los sistemas reales más complejos; así como a realizar predicciones sobre el comportamiento de los hechos, y determinar los efectos o tomar decisiones sobre los mismos (Janssen y van Ittersum 2007).

Por este motivo, el presente estudio propone aplicar un MBHA para explorar, evaluar y representar de manera simplificada (elección razonada de variables y relaciones relevantes para analizar y representar la información útil) y seleccionada (modelar aspectos relevantes del sistema económico), el impacto de la implementación de una política de conservación de la agrobiodiversidad sobre la producción y la seguridad alimentaria de las familias

agricultoras con diferente nivel de inserción en el mercado, que además cuenten con cultivos que tienen prospección para la seguridad alimentaria global y se encuentran ubicados en áreas consideradas centros de diversidad genética mundial.

Al día de hoy no se ha reportado evidencia de la aplicación de MBHA para evaluar, simultáneamente: i) la agrobiodiversidad, ii) el comportamiento económico de HA_Subst, y iii) la seguridad alimentaria. Menos aún en escenarios considerados como centros de origen y diversidad genética de cultivos de interés para la seguridad alimentaria local y global, y evaluado las implicancias de la suma de todas estas características.

La aplicación de un MBHA pretende no sólo contribuir con el desarrollo de propuestas de políticas públicas; sino también, contribuir con la brecha de conocimiento científico existente al respecto. Esta propuesta de investigación adapta y valida, por primera vez, un MBHA integrando variables que busquen alcanzar el equilibrio entre la agrobiodiversidad, producción agrícola y la economía. Se suma al enfoque innovador de esta propuesta, el hecho adicional de que por primera vez un MBHA es aplicado a cultivos que ocupan nichos ecológicos importantes, es decir que están adaptadas a las condiciones en cierto grado extremas, como es el caso de las quenopodiáceas (quinua, cañihua). Cultivos de gran importancia para la seguridad alimentaria mundial, por sus características nutricionales y capacidad de adaptación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA AGROBIODIVERSIDAD DE CULTIVOS CON PROSPECCIÓN PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN CENTROS DE ORIGEN Y DIVERSIDAD GENÉTICA.

2.1.1. El concepto y alcance de la biodiversidad y agrobiodiversidad

El término mismo de biodiversidad fue acuñado por Edward Wilson en 1988 (Halfiter 1994), y desde entonces se han generado varias definiciones de “biodiversidad” y palabras derivadas de ella como “agrobiodiversidad” y “agro-diversidad”. La biodiversidad, en su sentido estricto se deriva de la teoría de sistemas y es, en resumen, una medida de heterogeneidad que en los sistemas biológicos se refiere a la cantidad y proporción de los diferentes elementos biológicos que contiene un sistema (Calvo Sendín *et al.* 2000). En cuanto a los términos “agrobiodiversidad” y “agro-diversidad”, Brookfield & Stocking (1999), sugieren diferencias entre ambos conceptos puesto que el primero, más antiguo, se refiere a la diversidad biológica en las tierras utilizadas para fines agrícolas; mientras que el segundo, se define como: "las muchas formas en que los agricultores usan la diversidad natural del entorno para la producción, que incluye no solo su elección de cultivos, sino también el manejo de la tierra, el agua y la biota como un todo" (Brookfield & Padoch, 1994); o el “resultado de la interacción entre los recursos filogenéticos, los ambientes bióticos y abióticos, y las prácticas de manejo (la variación resultante de las interacciones entre los factores que determinan el agroecosistema)” (Almekinders *et al.*, 1995). Por otro lado, Benin *et al.* (2003) define y diferencia agrobiodiversidad en dos componentes; inter-específico (entre los cultivos) e intra-específicos (dentro de los cultivos); a fin de comparar los determinantes de estos dos componentes en los cereales bajo tres tipos de compensaciones de política. Este hecho se respalda en la multi-dimensionalidad de la biodiversidad planteada por Anderson (2016).

Este estudio, está de acuerdo con el concepto general de “biodiversidad”; propuesto por: Gaston & Spicer (2004), Naciones Unidas (1992) y con el concepto específico de “agrobiodiversidad” propuesto por: Wood & Lenni (1997), citado en el artículo de Benin *et al.* (2003), y Brookfield & Stocking (1999), dado que todas coinciden con el concepto de “biodiversidad” propuesto por el Convenio sobre la Biodiversidad Biológica (CBD) (Naciones Unidas 1992) y la FAO (2018b). Así también, la mayoría de los autores coincide en que “biodiversidad” o “diversidad biológica” son lo mismo, y se caracterizan por contar con niveles, escalas o dimensiones de organización y una interacción entre estos niveles (Turrillas y López Ramón 2016, Calvo Sendín *et al.* 2000, Halffter 1994, Granado Lorencio 2007, Gliessman 2002, Pedroni y Morera Jiménez 2002); que van desde el genómico hasta al ecosistémico (Calvo Sendín *et al.* 2000, Pedroni y Morera Jiménez 2002). Incluso los atributos funcionales (flujo de genes, el reciclaje de materia y energía, etc.); estructurales (distribución en el espacio) (Pedroni y Morera Jiménez 2002); y la diversidad cultural humana, son parte de la biodiversidad, este último en razón a que atributos como el nomadismo, la rotación de los cultivos, patrones de uso de la tierra, gestión de la agricultura, etc., representan “soluciones” a los problemas de supervivencia en determinados ambientes (Pedroni y Morera Jiménez 2002) y están determinados por la agro-ecología, mercados y culturas locales (Van Wijk 2014).

Por lo tanto, este estudio al igual Pedroni & Morera Jiménez (2002), considera que la biodiversidad, tiene más de una expresión y en consecuencia, de acuerdo con Halffter (1994), los distintos tipos de análisis de la diversidad biológica difieren en la escala en la cual se desea plantear una investigación; y sus conclusiones serán válidas para nivel de estudio escogido; de allí la importancia de que el nivel de organización que se adopte (Halffter 1994); el area de estudio, y las características del lugar (bosque, valle, río, etc) (Gliessman 2002) sean descritos claramente (Tabla 1).

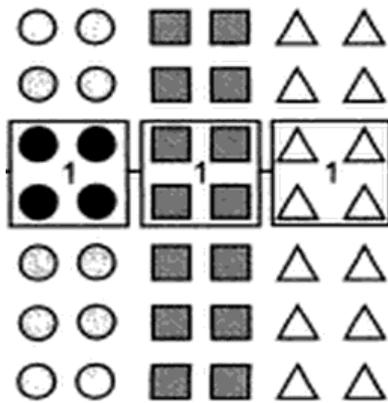
Tabla 1. Niveles de organización, estudio y medida de la biodiversidad.

Nivel de organización	Descripción	Estudio y medida
Biodiversidad Biogeográfica	Cuantifica la heterogeneidad de una región; está determinada por la diversidad de ecosistemas en una región (Halffter 1994).	Sistemas de información geográfica, análisis de imágenes cartográficas, etc. que permitan mapear patrones de biodiversidad.
Biodiversidad de ecosistemas	Las comunidades de seres vivos (biocenosis) son interdependientes y evolucionan conjuntamente con los biotopos (clima, relieve, topografía, etc.). Se identifican: 1. Diversidad presente en un sitio dado α y la heterogeneidad (diversidad) espacial dentro del sistema β ; mientras que la diversidad α es una función de la cantidad de especies en un mismo hábitat, la diversidad β es el grado de partición del ambiente (mosaicos biológicos) (Halffter 1994).	En una comunidad, depende tanto del número de especies presentes (riqueza específica), como de las abundancias relativas (equitatividad); las mismas que se calculan con índice de <i>Simpson</i> y el Índice de <i>Shannon-Weaver</i> , ambos basados en la “teoría de la información” Establecer límites entre ecosistemas es difícil pero posible (Pedroni y Morera Jiménez 2002).
Biodiversidad de especies	Entidades biológicas naturales con capacidad de intercambio genético (Calvo Sendín <i>et al.</i> 2000). Se mide en función al número de especies que habitan en un espacio determinado (Granado Lorenzo 2007). Responde a: ¿Cuántas especies hay?.	El conteo de todas las especies; extrapolación de datos parcialmente conocidos; extrapolación de datos bien conocidos; y análisis de modelos ecológicos.
Biodiversidad genética	La variabilidad de genes entre los individuos de una misma especie (intra-específica); por ejemplo variedades de arroz, representa el potencial de una especie para evolucionar, resistir y adaptarse a cambios bióticos.	A través de la fenotipación y la genotipificación (análisis molecular).

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo, a pesar de que se plantean diferencias entre los conceptos de “agrobiodiversidad” y “agro-diversidad”; este estudio basándose principalmente en el concepto descrito por Gaston & Spicer (2004), Benin *et al.* (2003) y el de “agroecología” de Gliessman (2002); y otros autores, descartamos esta diferencia. Así pues, para el caso de la descripción de la biodiversidad intra-específica e inter-específica en un contexto de agroecosistema, este estudio propone la Figura 1. y la Figura 2, ambas basadas en la propuesta Brookfield & Stocking (1999) donde se ilustra la interacción entre procesos agroecológicos/físicos y socioeconómicos. Ambas concuerdan con los conceptos establecidos por la FAO (2018b).

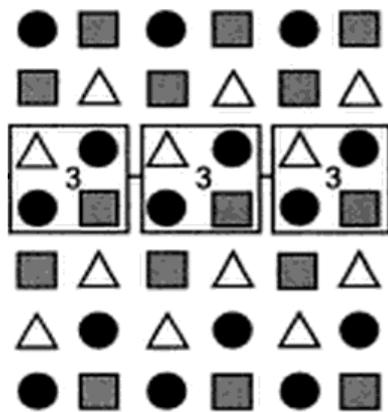
A



La diversidad presente en tres áreas, se ve representada en el gráfico por una forma (tipos de cultivo) por caja (especie); es decir, existe poca diversidad intra-específica.

La diversidad espacial dentro del sistema (finca), se ve representada por los tres tipos de cajas; es decir, existe gran diversidad inter-específica.

B



La diversidad presente en tres áreas; se ve representada en el gráfico por una forma (tipos de cultivo) por caja (especies); es decir existe gran diversidad intra-específica.

La diversidad espacial dentro del sistema (finca), se ve representada por los tres tipos de cajas; es decir, existe poca diversidad inter-específica

Figura 1. Agrobiodiversidad intra-específica e inter-específica en contexto de agroecosistema.

Fuente: Adaptación de Brookfield y Stocking (1999).

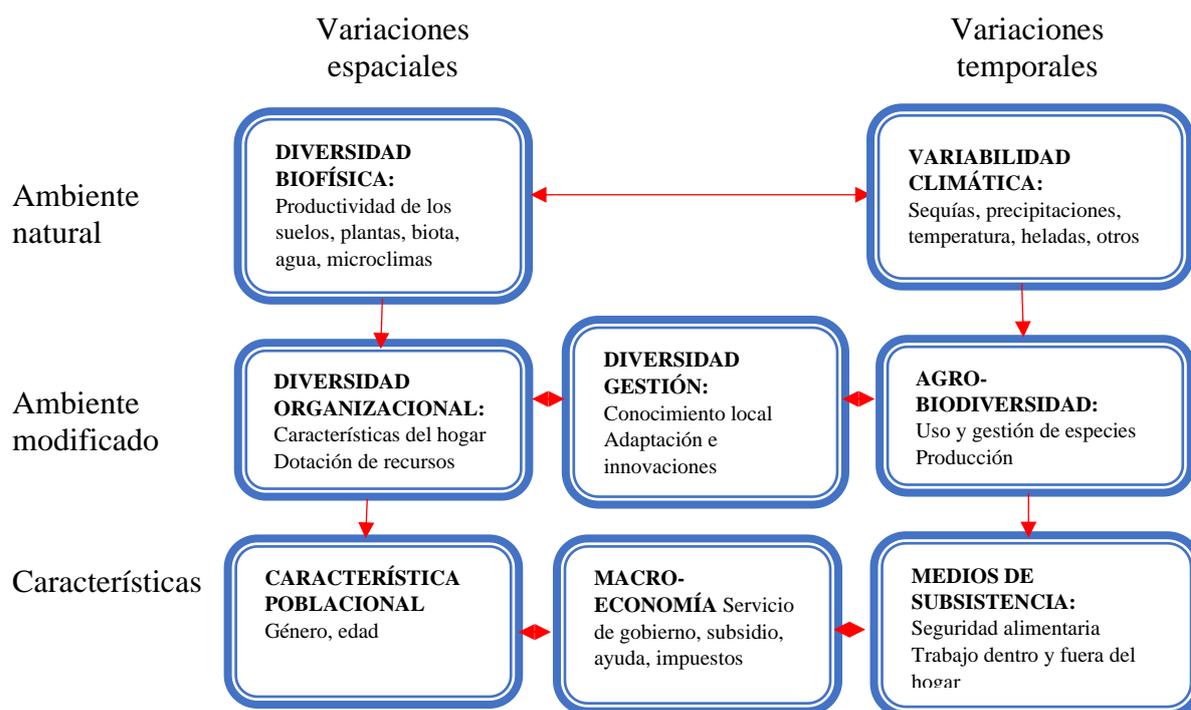


Figura 2. Agrobiodiversidad en sistemas agrícolas de economías rurales.

Fuente: Brookfield y Stocking (1999).

La revisión sistemática realizada, evidencia que ninguno de los MBHA, incluidos en esta revisión, define el término “agrobiodiversidad”, ni describe su alcance; solo se alude a las áreas con diferentes características naturales (ecosistemas) (tierra alta, tierra baja o patrones de cultivo) (Louhichi y Gomez y Paloma 2014), distribución del agua (Claessens *et al.* 2010), “diversidad de cultivos” (Chenoune *et al.* 2017) (Komarek *et al.* 2017). o simplemente a la biodiversidad como una finalidad de la evaluación “se hace esto para” (Murphy *et al.* 2014); esto se da aún cuando el reporte de Janssen & van Ittersum (2007), mencione que en los MBHA la agrobiodiversidad puede ser medida con indicadores (diversidad de cultivos, diversidad de ganado, etc), pese a que estos se centren en especies individuales más que en interacciones complejas en las redes alimentarias subyacentes al agroecosistema.

2.1.2. Los centros de origen y diversidad genética

El valor de uso directo de la agrobiodiversidad se deriva del rol directo de los recursos biológicos en la producción y consumo; especialmente para los *commodities* mercadeables. La magnitud de la explotación de uso directo de la agrobiodiversidad es enorme y

extremadamente diversificada, entre los que se pueden mencionar; la alimentación (animal y humana), la medicina, el control biológico, los materiales industriales, turismo recreacional (uso social), ecoturismo (Gaston y Spicer 2004), y el combustible (Ulian *et al.* 2017). En el caso de la alimentación, la agrobiodiversidad, es la base de todas las industrias alimentarias y servicios relacionados (Gaston y Spicer 2004), sean estos de uso existente o potencial. Estos toman formas que incluyen verduras, frutas, carne y otros complementos como colorantes alimentarios, aromatizantes y conservantes, que se pueden derivar de fuentes silvestres o cultivadas (Gaston y Spicer 2004). Por otro lado, el valor de uso indirecto de la agrobiodiversidad se deriva de las muchas funciones que desempeña en la prestación de servicios agroecosistémicos. En cierto sentido, estos servicios pueden considerarse como "gratuitos", ya que tienden a no ser objeto de comercio directo en el mercado, aunque tal percepción ha resultado perjudicial para su mantenimiento (Gaston y Spicer 2004). Obviando su importancia para la bioprospección o prospección de la biodiversidad, esta última definida como la exploración de la biodiversidad para el desarrollo de nuevas fuentes de recursos de valor social y comercial.

Los beneficios de la bioprospección, han surgido de una gama tan amplia de organismos y entornos en todo el mundo que no es posible predecir qué especies o hábitats serán críticos para la sociedad o la industria en el futuro (Beattie *et al.* 2011) de allí la importancia de conservarlos. Sin embargo, el avance tecnológico y la tendencia hacia la "homogenización global" hace que no sólo se pierda la diversidad cultural; sino también la diversidad genética de los cultivos (por la tendencia al monocultivo), que sumadas a las condiciones ambientales, políticas y sociales cambiantes, vulneran la seguridad alimentaria de la humanidad. A fin de asegurar la conservación de la diversidad genética de los cultivos existentes, la mirada se dirige ahora hacia la conservación de reservorios o centros de origen de diversidad genética promoviendo acciones tales como la conservación *in situ*, la implementación de los bancos de genes (conservación *ex situ*), las prácticas de agricultura sostenible y la ingeniería genética, este último con un grado de controversia, al ser relacionados con efectos sobre la salud (alergias) y sobre los cultivos (polinizaciones cruzadas que favorecen el crecimiento de malezas perniciosas).

Según Bretting (1990), los centros de diversidad de cultivos representan regiones de diversidad genética relictual ("museos"), zonas de radiación adaptativa relativamente reciente, zonas híbridas de "contacto" o cualquier combinación de estas posibilidades. En el

caso de los chenopodos (*chenopodium*) domesticados del Nuevo Mundo se identifican tres centros de diversidad actuales, protohistóricos y/o prehistóricos (y quizás también de origen) en México, el Perú andino y las tierras bajas del valle del río Mississippi-Missouri-Ohio. Cada centro contiene o puede haber contenido un chenopodo domesticado diferente acompañado de una forma silvestre o maleza (Bretting 1990).

Durante la década pasada, la *Bioversity International* (formalmente el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, IPGRI) ha trabajado con organizaciones de ocho países (Burkina Faso, Etiopía, Hungría, México, Marruecos, Nepal, Perú y Vietnam) para la conservación *in situ* de la agrobiodiversidad y su uso nutricional particularmente de cultivos tradicionales (o cultivos locales) y subutilizados (Jarvis y Hodgkin 2008). A pesar de ello, Puno-Perú uno de los centros de origen de diversidad genética más importante de la quinua y la cañihua evidencia pérdida de ciertos tipos de variedades de granos andinos. La siembra de pocas variedades en grandes extensiones origina una vulnerabilidad alta a la seguridad alimentaria (Silva Sologuren *et al.* 2012).

En el mundo algunos cultivos son considerados como alternativas para salvaguardar la seguridad alimentaria mundial a futuro; por sus características particulares de crecimiento y su alto valor nutricional entre los que se encuentra: el amaranto (Kiwicha), la quinua, el ragi, el tef y níger (Robinson y Station 1986) y cañihua (Perez-Rea y Antezana-Gomez 2018). De todos ellos se destacan la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y el teff (*Eragrostis tef*); esta última con centro de origen en Etiopía y conocida hoy como la “nueva Quinua” (Crymes 2015).

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y la quinua comparten su centro de origen en la región andina del altiplano peruano-boliviano. La cañihua, está estrechamente relacionada con la quinua y prosperan juntas alrededor de los 3 800 msnm, ambas se caracterizan por ser el alimento principal de las familias agrícolas que la producen (Perez-Rea y Antezana-Gomez 2018).

2.1.3. La agrobiodiversidad y seguridad alimentaria

La agrobiodiversidad es la fuente de muchos de los beneficios de los agroecosistemas, los cambios en la agrobiodiversidad influyen en la oferta de los servicios ecosistémicos

(Kuncoro *et al.* 2004) como los productos alimenticios, por ello se dice que el desarrollo agrícola tiene un rol primordial en la mejora de la seguridad alimentaria y la nutrición (High Level Panel of Experts 2016). La agricultura es crucial no solo en el contexto de globalización, desarrollo rural y producción de alimentos sino también porque alberga diferentes modelos de organización social e identidad cultural (Bazile *et al.* 2014) y son afines con el modelo agrícola denominado *Land-Sharing*.

La especialización y la intensificación de los sistemas de producción han conducido a la reducción de la agrobiodiversidad incrementando la vulnerabilidad genética y la erosión, e impactando la biodiversidad natural debido a la expansión de las áreas agrícolas con pocos cultivos, paralelamente la inseguridad alimentaria es un problema evidente y creciente que afectó a más de un billón de personas en el 2009, por lo que se postula que la erosión genética afecta la seguridad alimentaria (Brussaard *et al.* 2010).

Algunas políticas de gobierno internacionales, como las europeas, buscan conservar la biodiversidad natural en sistemas agrícolas aplicando subsidios a fin de reducir el impacto de la agricultura en la biodiversidad natural. El enfoque incluye la retención de parches de hábitat natural y hábitats semi-naturales extensamente cultivados (*Land-Sparing*); a cambio los agricultores reciben un pago agroambiental, que en el caso de la Unión Europea asciende a un valor de más de \$ 2.7 mil millones cada año (Green *et al.* 2005). Estos subsidios recientemente han sido denominados “subsidios perversos”, debido a que en el largo plazo han demostrado tener efectos adversos tanto para la economía, como para el medio ambiente con un costo que ha alcanzado US \$ 1 450 mil millones por año, y con frecuencia han excedido el valor en el mercado de los bienes que se generan a partir de un sector industrial (Gaston y Spicer 2004). Cabe precisar, que estas políticas, como la mayoría, buscan preservar la biodiversidad natural y no la agrobiodiversidad.

Es así que investigadores como Perfecto y Vandermeer (2012) y Phalan *et al.* (2011) se han preguntado si las políticas agrícolas para la conservación de la biodiversidad natural deben de tener como objetivo general la separación (*Land-sparing*) o la integración (*Land-sharing*) de las tierras. Por un lado, Phalan *et al.* (2011) considera que la mayoría de los estudios que intentan abordar estos temas adolecen de fallas en el diseño del muestreo, métricas inapropiadas y/o fallas en la medición de las líneas de base de la agrobiodiversidad, mientras que Perfecto y Vandermeer (2012) aducen las falacias en torno a los temas y los argumentos

tendenciosos en favor de uno y otro tipo de agricultura. La discusión, al día de hoy aún sigue vigente, y el avance de la investigación al respecto es incipiente, debido al poco entendimiento en los fundamentos conceptuales de la agrobiodiversidad, y la falta de un abordaje multidisciplinario e integral.

Buscar todos estos atributos en un solo lugar y algunos cultivos para realizar un estudio sobre agrobiodiversidad, seguridad alimentaria y producción, resultan ser cruciales. Por estas razones, tanto la quinua como la cañihua, ambas quenopodiáceas de un mismo nicho ecológico (altiplano peruano-boliviano), podrían considerarse como cultivos modelo para la agricultura familiar de subsistencia con implicancias sobre la seguridad alimentaria local y mundial. Más aún cuando, las familias agrícolas de estas regiones han adaptado y seleccionado tradicionalmente tipos de quinua y cañihua para reducir su vulnerabilidad a una variedad de riesgos ambientales; estrategias que se sugieren están siendo socavadas por las presiones del mercado, cuya demanda desplaza los tipos de quinua autóctona y las restringe a unas pocas conocidas para satisfacer sólo algunas necesidades o requerimientos del mercado. En consecuencia, se afecta la agrobiodiversidad de cultivos menos representativos (diversidad genética, expresada en la variabilidad de resistencias a plagas, productividad, calidad nutritiva, formas, colores y tamaños y otros) que podría mantenerse como un seguro para satisfacer futuros cambios ambientales, necesidades sociales y económicas.

Asegurar las cosechas en algunos entornos de crecimiento difícil no es el único problema económico que motiva el interés por la diversidad de los cultivos (Benin *et al.* 2003); sino también, la existencia de un vínculo entre la seguridad alimentaria global y otros servicios ecosistémicos. Entender como la agrobiodiversidad afecta el sistema de producción, se predice como una oportunidad para mejorar las capacidades de modelamiento en agricultura; considerando que actualmente, los modelos se han centrado en el estudio de algunos elementos de los servicios ecosistémicos, especialmente aquellos asociados al riesgo de la incidencia de plagas/enfermedades, polinización, uso eficiente y calidad del agua, salud del suelo; los que a su vez se ven afectados por la diversidad de los cultivos agrícolas y los patrones de uso de tierras (Rojas Lara *et al.* 2015).

2.1.4. La agrobiodiversidad y los sistemas agrícolas

Los sistemas agrícolas se clasifican en sistemas agrícolas intensivos y extensivos o sistema de cultivo de altos insumos o bajos insumos respectivamente (Zhukova *et al.* 2017); El primero se centra en el logro de la productividad más alta, mientras que el segundo representa a la agricultura ecológica. En la agricultura intensiva, existe un alto uso de fertilizantes, pesticidas u otros protectores contra malezas, enfermedades y plagas, los mismos que tienen un impacto negativo en el medio ambiente y biodiversidad. Por otro lado, los sistemas agrícolas extensivos se definen como sistemas donde se reduce la cantidad de fertilizantes, pesticidas u otros protectores. Por lo tanto, tales sistemas agrícolas dependen del uso de recursos internos y parecen ser más sostenibles en el tiempo.

La abundancia de especies animales y vegetales está relacionada principalmente con la agricultura extensiva tradicional que está siendo reemplazada por la agricultura moderna e intensiva. Desde el punto de vista ambiental la agricultura extensiva crea externalidades positivas, reducen los riesgos de contaminación en el agua y suelo, mejoran el paisaje y la biodiversidad; aunque también se caracteriza por tener bajos rendimientos en comparación con la agricultura intensiva (Novikova y Startiene 2018).

Los hogares con una agricultura extensiva generalmente caracterizan a las familias agrícolas de subsistencia, dado que estos desarrollan una agricultura tradicional que ha sido sostenible a través de muchas generaciones y se encuentra exenta de agroquímicos, pesticidas y similares. El sistema económico de este tipo de agricultores, se caracteriza por el hecho de que las decisiones que toma el hogar en relación con la producción, consumo y asignación de la mano de obra son interdependientes entre sí (Janvry y Sadoulet 2006, Rojas Lara *et al.* 2015, Taylor y Adelman 2003). En un contexto económico más general, tenemos la agricultura intensiva, expresada en el incremento del tamaño de las explotaciones, la expansión del monocultivo y las prácticas inadecuadas de agricultura. Características que vienen generando una creciente preocupación por el potencial efecto económico de la pérdida de la biodiversidad y sus repercusiones en la toma de decisiones, de los hogares agrícolas, con respecto al cultivo, acceso al crédito, nutrición y salud (Benin *et al.* 2003) (Janvry y Sadoulet 2006).

2.2. MODELO BIOECONÓMICO DE HOGAR AGRÍCOLA (MBHA) Y LA EVALUACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD

Los modelos bioeconómicos de hogar agrícola, generalmente son de optimización con o sin programación matemática; los cuales se construyen a partir de parámetros, variables y expresiones matemáticas para ser usadas en un contexto determinado. Estos métodos están ayudando a ganar conocimiento sobre la seguridad alimentaria bajo diferentes condiciones económicas y opciones de políticas; así como a mejorar el conocimiento de las estrategias de sustento (Louhichi y Paloma 2014).

La selección del mejor modelo para el emprendimiento de una investigación es un arte más que una ciencia, el creador de modelos está constantemente equilibrando los requisitos de realismo que complican la especificación y la solución del modelo con la practicidad del modelo en términos de sus datos y requisitos computacionales (Howitt 2005). Es en este sentido que se realizó una revisión sistemática, con el objetivo específico de identificar modelos de hogares agrícolas que integren la variable biodiversidad/agrobiodiversidad³. La metodología que se siguió para alcanzar dicho fin se resume en la Tabla 2.

³ Reyes-Mandujano, I.F., Fernández, F.J., Mercado, W., Gómez, L. & Ponce, R.D. (2020). Revisión sistemática: análisis de la biodiversidad en las economías rurales mediante el modelo de hogares agrícolas y recomendaciones para futuros reportes. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 20(1), 51-73. doi. <https://doi.org/10.7201/earn.2020.01.03>. Aceptado en enero 2020.

Tabla 2. Métodos, estrategia de búsqueda, criterios de elegibilidad considerados en la revisión sistemática.

I. Pregunta de investigación		
Durach et al., 2017	J. Higgins & Green, 2012	Preguntas de investigación
<p>Qué La evaluación de la agrobiodiversidad en modelos de hogares agrícolas de subsistencia.</p> <p>Cómo A través del análisis de estudios que tengan como objetivo principal o secundario la evaluación de la agrobiodiversidad en modelos de hogares agrícolas de subsistencia.</p> <p>Porqué Existe una influencia de la agrobiodiversidad sobre los niveles de subsistencia de los hogares agrícolas que, al parecer, aún no se describen en los modelos de este tipo de sistema agrícola.</p>	<p>Población Hogares agrícolas de subsistencia.</p> <p>Intervención a evaluar Modelos que integren la “agrobiodiversidad” o afines en su diseño.</p> <p>Desenlaces Características de los modelos</p>	<p>Principal ¿Cuáles son las características de los modelos de agricultura familiar de subsistencia que evalúan la agrobiodiversidad o aspectos de ella?</p> <p>Secundarios ¿Se define “agrobiodiversidad” y se delimita su alcance? ¿Cuál es la técnica de modelamiento propuesta para evaluar la agrobiodiversidad o sus elementos en sistemas agrícolas de subsistencia? ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades de los modelos de hogares agrícolas existentes que limitan su aplicación en aspectos relacionados a la agrobiodiversidad de los cultivos?</p>
II. Búsqueda de información		
<p>Descriptor: ”Modeling Agricultural Household Models“, “Agricultural Household Models”, “Model and Absent Markets“, “Agricultural Household Modeling”, “Agricultural Household”, “family economics”, “non-separable models” “farm household”, “Farm Household Modelling”, “Farm Household Model”, “Modeling of rural households”, “Modelling rural household“.</p> <p>Estrategia de búsqueda: (("Modeling Agricultural Household Models" OR "Agricultural Household Models" OR "Model and Absent Markets" OR “Farm Household Modelling” OR “Farm Household Model” OR “Modeling of rural households” OR “Modelling rural household” OR “Agricultural Household Modeling” OR “Agricultural Household” OR “family economics” OR “farm household”) OR “farm household”) AND “biodiversity”).</p>		
III. Criterios de elegibilidad y selección de estudios		
Parámetros	Criterio de inclusión	Criterios de exclusión
Hogares agrícolas de subsistencia	Si, cumple	No, cumple
Tipo de estudio, diseño	Estudios que plantean modelos matemáticos o biomodelos, no econométricos Estudios de casos de modelos Revisión de modelos sistemáticas o no	
Características	Técnicas de modelamiento	

<<Continuación>>

Estado de la publicación	Estudios publicados en revistas indexadas Versión completa Publicados entre el 2010-2018	Resúmenes de conferencia Editoriales Columnas Manifiestos
Responden a la pregunta de investigación	Si, cumple	No, cumple
País de origen	Sin restricción	
Idioma	Sin restricción	

IV. Extracción de los datos

Referencias del estudio	Autor/año, el objetivo del artículo incluido, el estado de la publicación (Artículo, libro, tesis, etc.) y el tipo de estudio (de caso, revisiones, etc.).
Población	Se describe la localización/ambiente geográfico donde se aplica el modelo; se describe si se ha evaluado la heterogeneidad agrícola (tipos de agricultores). El hogar agrícola de subsistencia debe de hallarse explícita o describir las decisiones de no-separabilidad entre el consumo y asignación de recursos
Performance del modelo/ Función Objetivo (F.O.)	Maximización de la utilidad, Maximización de los ingresos (criticada, porque el proceso de consumo y producción están ligadas(Louhichi <i>et al.</i> 2013)) Maximización de los ingresos dentro del análisis <i>trade-off</i> /multi-criterio, Minimización de los costos Maximización de ingresos en el tiempo, Maximización de ingresos con análisis de <i>trade-off</i> , maximización de ingresos con un análisis multi-criterio, optimización del margen bruto. La F.O. busca asegurar la sobrevivencia del hogar por la aversión al riesgo.
Técnica de modelamiento	Simulación dinámica, programación matemática (optimización) (Incluyendo la programación lineal, programación no lineal, programación entera mixta, programación matemática positiva); programación matemática combinada con modelos de simulación; modelos multi-agente o basado en agente (ABM) (las familias, agricultores o miembros del hogar, que están representados como entidades individuales, explícitamente se tienen en cuenta las interacciones entre ellas), modelo bioeconómico, "econometricmathematical" programación (EMP) Técnica avanzada denominada así por Buysse <i>et al.</i> , (2007b).
Temporalidad:	Estática, dinámica
<i>Estructura</i>	Componentes del modelo
Evaluación de la biodiversidad.	En cualquiera de sus componentes: intra- o inter-específicos

Fuente: Elaboración propia

Esta revisión buscó identificar un MBHA que cumpliera con los siguientes criterios: i) capacidad de evaluar la biodiversidad/agrobiodiversidad ii) capturar el comportamiento

heterogéneo de familias agrícolas en relación a las decisiones de producción y consumo, y
iii) capacidad de evaluar políticas agroalimentarias los resultados se resumen en la siguiente
Tabla 3.

Tabla 3. Características de estudios incluidos en la Revisión sistemática.

Autor (año)	Objetivo	Modelo	Intervención	Temporalidad	Evaluación de la biodiversidad/agrobiodiversidad
Quaranta (2003)	Evaluar efectos sobre la degradación del suelo en base a variables que determinan las actitudes ambientales.	Modelo bioeconómico (Programación matemática /dinámica)	Modelo <i>Farm-Household</i> a escala micro-nivel	Dinámica	Aborda aspectos biofísicos/agroecológico
Benin (2003)	Comparar los determinantes de la diversidad inter e intra-específica de los cereales del Norte de Etiopía.	Modelo econométrico	Modelo <i>Farm-Household</i> a escala micro-nivel	No corresponde	Define biodiversidad y considera la diversidad inter- e intra-específicos
Russell (2006)	Investigar el efecto de la conservación de la biodiversidad sobre la productividad agrícola.	Modelo bioeconómico (optimización y Función de distancia de los outputs-Producción de Frontera dinámico)	Modelo <i>Farm-Household</i> (sistemas agrícolas intensificados)	Dinámico y estático.	Generar un índice de biodiversidad de toda la finca en un periodo de tiempo.
Priyanti (2007)	Evaluar el éxito del programa de integración de sistemas de cultivo y ganadería en el comportamiento económico.	Modelo integrado cultivo-ganadería (Programación matemática y simulación)	Modelo <i>Farm-Household</i> a escala micro-nivel	Dinámica	No
Acs (2010)	Analizar el impacto de dos políticas sobre el ingreso del hogar agrícola, uso de la mano de obra y producción.	Modelo bioeconómico (Programación matemática/estática)	<i>Modelo Farm-Household: Modelo FSSIM</i>) a escala micro-nivel	Estática	No
Antle (2010)	Aplicación de MD a sistemas de producción de sistemas de semi-subsistencia con actividades de producción	Modelo bio-económico (simulación)	Modelo <i>Farm-Household: TOA</i> a escala micro-nivel	Dinámica	Se evalúa a los ecosistemas.

<<Continuación>>

Claessen (2010)	Modelo para ver interacciones entre el aterramiento, disponibilidad de agua, decisiones de tierra e ingreso.	Modelo bioeconómico (simulación)	Modelo <i>Farm-Household</i> : TOA (no se define bien la escala)	Dinámica	Se evalúa la redistribución del agua
Rotz (2011)	Evaluar los impactos ambientales y económicos de la aplicación de estiércol en una granja.	Modelo bioeconómico (simulación)	Modelo <i>Farm-Household</i> : Modelo ‘Integrated Farm System Model’.	Dinámica	Se evalúan elementos de la biodiversidad
Fernández (2018)	Evaluar el efecto económico del cambio climático (agua) sobre la agricultura a escala micro-nivel	Modelo bioeconómico (Programación matemática/estática)	Modelo <i>Farm-Household</i> : FSSIM-Dev	No describe	No
Floridi (2013)	Evaluar el impacto de políticas sobre la adopción de sistemas automáticos de ordeño (AMS)	Modelo bioeconómico (simulación)	Modelo <i>Farm-Household</i> : (RO) (sistemas agrícolas intensificados)	Dinámica	No
Louhichi (2013)	Herramienta para evaluaciones ex-ante y ex-post en poblaciones en condición de pobreza	Modelo bioeconómico (programación/estático o comparativo)	Modelo <i>Farm-Household</i> : FSSIM-Dev a escala micronivel	Estático	El modelo alude a su potencialidad de integrar a la biodiversidad.
Sébastien (2013)	Impacto de herramientas sobre asignación de insumos, productos agrícolas y el ingreso.	Modelo bioeconómico (Programa estocástico dinámica)	Modelo <i>Farm-Household</i> : a escala micro-nivel	Dinámico	No
Louhichi (2014)	Impacto de subsidio al precio de la semilla en la subsistencia de hogares agrícolas	Modelo bioeconómico (programación matemática/estático)	Modelo <i>Farm-Household</i> : FSSIM-Dev a escala micro-nivel	Estático	Comparan ecosistemas
Murphy (2014)	Estimar la función de participación de los agricultores en un Esquema Agroambiental irlandés	Modelo econométrico +Simulación	Modelo <i>Farm-Household</i> , a escala micro-nivel	No corresponde	Estudia Esquema de Protección Ambiental Rural (REPS)

<<Continuación>>

Tillie (2016)	Impactos del programa (riego) sobre asignación de tierras, producción, seguridad alimentaria y pobreza.	Modelo bioeconómico (programación positiva estática)	Modelo <i>Household</i> : FSSIM-Dev	<i>Farm</i> -Modelo	Estática	Evalúa asignación tierra entre cultivos irrigados y no irrigados
Tsai-wei (2016)	Evaluar desempeño y reacciones de hogares agrícolas a desafíos (crecimiento poblacional, cambio climático, etc)	Modelo bioeconómico (optimización multi-objetivo)	Modelo <i>Household</i> : <i>FarmDESIGN</i> a escala micro-nivel	<i>Farm</i> -escala	Estática	Uno de sus indicadores de nutrición es la Score de la diversidad dietética
Chenoune (2017)	Evaluar cuantitativamente como tres políticas pueden afectar la producción y consumo de hogares agrícolas	Modelo bioeconómico (simulación)	Modelo <i>Farm-Household</i> a escala micro nivel		Estático	No
Komarek (2017)	Evaluar efectos de cambios en precios de los fertilizantes en la producción e ingresos de las familias agrícolas	Modelo bioeconómico (simulación)	Modelo <i>Household</i> : (DAHBSIM),a a escala micro nivel	<i>Farm</i> -escala	Dinámica	No
Owach (2017)	Evalúa el almacenamiento, consumo y venta de los alimentos utilizando dos granos (mijo y frijoles)	Modelo econométrico	Modelo <i>Farm-Household</i>		No corresponde	No

Fuente: Elaboración propia

Esta revisión evidencia, que de los estudios de caso identificados, el 19 por ciento abordó la biodiversidad de manera explícita, 38 por ciento lo hicieron de manera implícita, y el 44 por ciento aludió el término de manera muy tangencial. Ninguno de los mencionados definió, ni delimitó el alcance del término “biodiversidad” o “agrobiodiversidad”. Por otro lado, muchos de los modelos han evaluado también la seguridad alimentaria; no obstante, no se han reportado artículos que analicen ambas cosas a la vez (seguridad alimentaria y biodiversidad/agrobiodiversidad).

Entre los modelos que se distinguen, como más conocidos, versátiles, y que cuentan con algún grado de validación, al ser replicados por otros autores son: FSSIM-Dev (*Farm System Simulator for Developing Countries*) (Louhichi *et al.* 2013, Louhichi y Gomez y Paloma 2014); modelo *FarmDESIGN* (Tsai-wei 2016); *Modelo Household computacional Dynamic Agricultural Household Simulation Model* (DAHBSIM) (Komarek *et al.* 2017); y *Trade-off analysis modelling system* (TOA) (Antle *et al.* 2010, Claessens *et al.* 2010) . Cada uno reporta ventajas, limitaciones, y oportunidades de mejora (adaptaciones para la inclusión del autoconsumo y el uso de la mano de obra familiar, la incorporación de funciones dinámicas, y la posibilidad de incorporar de servicios ecosistémicos (SE) como la biodiversidad, la polinización, etc.).

De todos ellos, se destaca el modelo FSSIM-Dev, al poder capturar características de la agricultura familiar de subsistencia, detalla los *commodities* y tecnología escogida e integra los resultados de modelos biofísicos para mejorar el modelamiento sobre la degradación de la tierra, la tenencia y el uso de los recursos; además, puede realizar evaluaciones *ex-ante* y *ex-post*, dentro de una estructura de modelado estático. Pese a que, el modelo no incluye a la biodiversidad/agrobiodiversidad; los *outputs* generados por el FSSIM-Dev y niveles agregados incluyen la diversidad de cultivos dentro de las externalidades positivas y negativas. Este modelo ha sido aplicado por: Acs *et al.* (2010) para evaluar el impacto de políticas (estrategias de reducción de la pobreza) sobre el ingreso del hogar agrícola, uso de la mano de obra y estructura de producción; Tillie, Louhichi & Gomez-y-paloma (2016), para evaluar el impacto de un programa de desarrollo (pequeños sistemas de riego) sobre la asignación de tierras, la producción agrícola, la seguridad alimentaria y la reducción de la pobreza; y Fernández *et al.* (2018), para evaluar el efecto económico del cambio climático (cambio en la disponibilidad de agua y rendimiento) sobre la agricultura a escala local.

De igual modo, el modelo *FarmDESIGN* fue desarrollado para el análisis y diseño de sistemas agrícolas, mixtos (cultivos y ganadería), es de temporalidad estática, lleva acoplado un algoritmo de optimización multi-objetivo basado en Pareto que permite generar un gran conjunto de configuraciones alternativas optimizadas basadas en objetivos y variables de decisión proporcionadas por el investigador, al tiempo que cumple con las limitaciones de políticas y de explotación en el proceso de exploración. Este modelo diseñó un módulo de nutrición, para evaluar la suficiencia nutricional y la diversidad (funcional) de la producción agrícola y el consumo doméstico. Por otro lado, los modelos bioeconómicos de Quaranta & Salvia (2003); Antle *et al.* (2010) evaluaron ecosistemas y diversidad de cultivos respectivamente.

Por otro lado, las revisiones de literatura sobre modelos de hogares agrícolas, existentes a la fecha (Van Wijk *et al.* 2012, Van Wijk 2014, Van Wijk *et al.* 2014, Rojas Lara *et al.* 2015) han analizado; por ejemplo, la adaptación de los sistemas agrícolas a cambios del entorno biofísico y socioeconómico, especialmente el clima, a través de las siguientes técnicas de modelamiento: i) Programación Matemática (PM), ii). Programación Lineal (PL); iii) PM + Simulación; iv). Simulación.; aplicados todos a países en desarrollo.(Van Wijk *et al.* 2012).

Posteriormente, Van Wijk (2014) en otra revisión describe la organización de los modelos de niveles macro y micro para analizar el uso de la tierra, destaca que se debe de tener un enfoque gradual en este abordaje; es decir incrementar los datos en los niveles micro (pequeña agricultura) para poder cubrir la brecha existente con respecto a la distribución de los mercados locales en la formación de precios y en la representación de la diversidad agrícola, el ingreso, y la seguridad alimentaria. De manera análoga, plantea que los modelos integrados a escala global, existentes fueron usados para el estudio de la dinámica de la vegetación, balances de carbono, crecimiento de cultivo y emisiones de gases del efecto invernadero; y recientemente, la seguridad alimentaria y los Servicios Ecosistémicos (SE). Sin embargo, sus resultados son aún discutibles al carecer de datos a escalas micro-nivel. Una revisión posterior, del mismo autor (Van Wijk *et al.* 2014), evaluó la seguridad alimentaria y el cambio climático con la aplicación de modelos a diferentes niveles, entre ellos; el Modelo TOA (*Trade-off Analysis Model*) y Modelo *FarmDESIGN* y los modelos basados en agentes. Aunque, no aborda aspectos relacionados a la biodiversidad/agrobiodiversidad, destaca la importancia de la evaluación de la seguridad alimentaria, en relación con el clima. Los puntos débiles de los modelos en este contexto

serían: 1. la dimensión temporal; 2) atención a actividades agrícolas, 3) los costos de inversión.

Así también, Rojas Lara *et al.* (2015) evaluaron la integración de SE en modelos económicos de agricultura, y los *trade-offs* entre la productividad, nutrición y SE. Se describen modelos de niveles macro y micro. A nivel micro, especifica los modelos bioeconómicos de hogares agrícolas como el *FSSIM- Dev*, *MPMAS* (*Mathematical Programming based Multi Agent Systems*), y el *ARIES* (Inteligencia Artificial para los SE) que cuantifican los SE teniendo en cuenta su complejidad dinámica y consecuencias; para ello se basan en la economía, ecología y geografía para apoyar la toma de decisiones. Otros hallazgos importantes de *Rojas Lara et al.* (2015) son: 1. A escalas micro-nivel es posible integrar SE y biodiversidad; 2. los modelos de Equilibrio Parcial (PE) tienen potencial para analizar los SE y biodiversidad; pero operan a niveles altos de resolución espacial; 3. Para analizar el impacto de la biodiversidad y SE en contexto de sistemas agrícolas; es preferible utilizar modelos a diferentes escalas; 4) No existe un único modelo para estimar o mapear los SE y biodiversidad y sus *trade-offs*; 5. Sugiere desarrollar un lenguaje común entre los investigadores (SE y biodiversidad y variables relacionadas); 6. Se recomienda desarrollar una tipología de preguntas relacionadas a la biodiversidad e impactos socioeconómicos, 7. Desarrollar una meta-base de datos para diferentes tipos de modelos; y 8. Explorar los vínculos entre los SE y biodiversidad.

Tras la revisión sistemática realizada, también se evidencia que a diferencia de los modelos bioeconómicos, los modelos econométricos, pese a sus limitaciones, ha evaluado la agrobiodiversidad, un ejemplo de ello es el estudio realizado por *Benin et al.* (2003), quien cita la definición de “biodiversidad” de Wood and Lenni, 1997, evalúa los componentes inter e intra-específicos de la biodiversidad a fin de comparar sus determinantes bajo tres tipos de compensaciones de política. Este estudio fue realizado en Etiopía, en cultivos de trigo, sorgo, mijo y teff; este último con un alto valor nutricional.

Con respecto a los niveles de evaluación de los modelos bioeconómicos; se encuentra que a escala micro-económica, estos estudios son escasos (insuficientes) y poco difundidos en el ámbito científico (no son publicados en revistas indexadas). Este hallazgo, limita capturar la complejidad de las interacciones humano-ambiente en diferentes contextos (*van Vliet et al.* 2015) con sistemas de producción que difieren por un lado; i) en relación a la dotación de

los recursos, orientación de la producción y objetivos, etnicidad, educación, experiencia del pasado, manejo de las habilidades y en su actitud hacia el riesgo; y por el otro, ii) en razón al ambiente, donde es de suponer que la biodiversidad, propia del lugar, brinda servicios ecosistémicos (SE) más allá de la producción de alimentos (reciclaje de nutrientes, control del microclima local, regulación de los procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables y la desintoxicación de sustancias químicas nocivas, etc.), y donde, las políticas de agricultura intensificada (altos niveles de químicos, insumos mecánicos, e intervención continua del hombre para sustituir la función de regulación interna del sistema ecológico), tienen un impacto proporcional a la pérdida de la biodiversidad del lugar (Russell *et al.* 2006). En base a la mención anterior, se requiere del uso de enfoques y métodos más específicos (Chenoune *et al.* 2017) para evaluar los *trade-off* y las complementariedades entre la producción de comida, productividad, el ingreso y el ambiente (Rojas Lara *et al.* 2015).

Por lo tanto, la revisión sistemática realizada, identifica la carencia de información, con respecto a modelos de hogares agrícolas que evalúen el impacto de la biodiversidad sobre los sistemas de producción o la seguridad alimentaria. Sin embargo, algunas aproximaciones que podrían adecuarse son; la propuesta de Antle *et al.* (2010), quien evalúa ecosistemas, en razón a que se sabe que la gestión de decisiones de los agricultores con respecto a la tierra impacta la función de los ecosistemas y la oferta de SE. Otra sería la planteada por Louhichi *et al.* (2013), quién deja abierta la posibilidad de integrar a la biodiversidad en su modelo (FSSIM-Dev), captura el comportamiento de agricultores de subsistencia, y está diseñado para modelar políticas agro-alimentarias; además, cuenta con cierto grado de validación al haber sido aplicado por otros autores, como Fernández *et al.* (2017). En tal sentido, estos dos últimos fueron seleccionados para ser adaptados y aplicados a fin de responder a la pregunta de investigación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de evaluar el impacto de la implementación de una política de conservación de la agrobiodiversidad sobre la producción y seguridad alimentaria de HA_Sub, usando un MBHA se buscó, primeramente; i) Describir las características de la población de estudio (área de estudio, producción, economía, seguridad alimentaria, etc.), ii) calcular un tamaño muestral y diseñar un muestreo, para conseguir representatividad estadística de esta población, iii) Plantear estrategias previas para la adaptación del Modelo Bioeconómico de Hogar Agrícola (MBHA), que consistieron de dos pasos; primero, la determinación de tipos o clases de hogar agrícola en función a indicadores de seguridad alimentaria y agrobiodiversidad, y segundo la determinación de grupos en función a los tipos de hogares agrícolas previamente identificados y calcular su grado de asociación estadística y distribución en el departamento, iv) Se describe la estructura matemática del MBHA basándonos en el modelo original de Louhichi *et al.* (2013), la adaptación matemática realizada por Fernández *et al.* (2017) con respecto al rendimiento, y el desarrollo de una propuesta de modelo conceptual que relaciona agrobiodiversidad con rendimiento agrícola que se basa en el modelo de Green *et al.* (2005). Finalmente, v) Se describe los pasos que se siguieron para la aplicación del MBHA, se describen los supuestos y limitaciones.

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO

3.1.1. Área de estudio

Describir el área de estudio resulta crucial para definir la agrobiodiversidad y sus alcances; que tal como lo demuestran muchos trabajos de investigación no se consideran; a pesar de saber que las características ambientales, como la geográfica influyen en la calidad y existencia de algunos tipos de cultivos.

El departamento de Puno-Perú reúne características interesantes para desarrollar los objetivos de esta investigación entre los que se encuentra; i) Ser centro de origen de

diversidad genética, ii) albergar cultivos de importancia para la seguridad alimentaria local y global, iii) albergar sistemas agrícolas de subsistencia y aquellos otros que tengan algún grado de inserción en el mercado.

El departamento de Puno es una región importante del Perú, que se destaca por ser el hábitat natural de la cañihua y la quinua, ambos nativos de los andes del Perú-Bolivia. Entre otras razones que destacan a este departamento se encuentran.

- Puno, es un departamento en donde, existen eventos climáticos extremos que pueden comprometer gravemente la agricultura y la ganadería y; por tanto, la disponibilidad y el acceso a alimentos (Pintado 2016).
- La Región de Puno es el corazón del sector agrícola del Perú (Andrews 2017).
- La población rural, en esta área del planeta, es del 50 por ciento del total de Puno; ubicado en el séptimo lugar con población rural en el Perú; donde además la actividad agropecuaria comprende a más del 70 por ciento de la población rural (Pintado 2016).
- Puno, es centro de origen de la quinua y la cañihua, ambos de importancia para la seguridad alimentaria mundial; además es el primer productor de quinua en el Perú y el mundo (Casafranca y Pahuachon, 2014). La quinua fue revalorada a nivel mundial desde 2013 - “Año Internacional de la Quinua” -por la Asamblea General de las Naciones Unidas debido a sus múltiples atributos, que benefician tanto al productor como al consumidor.
- En Puno-Perú y Bolivia se encuentra la mayor diversidad genética de la quinua (Medina *et al.* 2010).

3.1.2. Ubicación geográfica del departamento de Puno-Perú

El departamento de Puno está ubicado al extremo sur este del Perú, entre los 13°00'00" y 17°17'30" de latitud sur y los 71°06'57" y 68°48'46" de longitud oeste del meridiano de Greenwich (BCRP(b) 2016), tiene una extensión de 71 999 km² y está compuesto por espacios geográficos que comprenden el altiplano, cordillera, selva alta y selva baja (Gobierno Regional de Puno 2013). El territorio puneño comprende 43 886.36 km² de sierra (61 por ciento) y 23 101.86 km² de zona de selva (32.1 por ciento), 14.5 km² de superficie insular (0.02 por ciento) y 4 996.28 km² (6.9 por ciento) que corresponden a la parte peruana del lago Titicaca (BCRP(b) 2016). Asimismo, está subdividido en 13 provincias y 109

distritos, distribuidos de la siguiente manera: Puno (15 distritos), Azángaro (15 distritos), Carabaya (10 distritos), Chucuito (7 distritos), El Collao (5 distritos), Huancané (8 distritos), Lampa (10 distritos), Melgar (9 distritos), Moho (4 distritos), San Antonio de Putina (5 distritos), San Román (4 distritos), Sandia (10 distritos) y Yunguyo (7 distritos) (Gobierno Regional de Puno 2013).

3.1.3. Hogar agrícola en el departamento de Puno-Perú

En Puno se identifican los siguientes tipos de hogares agrícolas que producen quinua: pequeños agricultores o de subsistencia (< 3 ha), medianos agricultores (≤ 3 ha y < 10 ha), y grandes agricultores (>10 ha), y en términos de producción, Puno se divide en tres zonas: San Román (zona norte), Lampa (zona centro) y Chucuito (zona sur) (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) 2015).

El tamaño promedio de los hogares es de 3.5 miembros, siendo un poco más grandes para la zona urbana (4 versus 3.4 miembros, respectivamente). Una mitad de agricultores tiene como lengua materna al quechua y la otra al aymara. La lengua aymara es un poco más extendida en las zonas rurales que en las urbanas (50 por ciento versus 38 por ciento), situación que es inversa para la lengua quechua. Finalmente, los agricultores tienen en promedio 6 años de educación (primaria completa), pero los agricultores en zonas urbanas tienen más educación, 8 años versus sólo 5.5 años en promedio para las zonas rurales (Zegarra 2016).

El departamento de Puno, cuenta con una población rural que alcanza el 46.2 por ciento de la población total (INEI 2018). Donde el 75 por ciento de los hogares son liderados por varones, y 25 por ciento por mujeres; sorprendentemente los hogares liderados por varones muestran mayor vulnerabilidad a la pobreza que los liderados por mujeres (Zegarra 2016). Buena parte de las familias agropecuarias del país no solo se dedican a un sector -la agricultura- sino que participan de diversas actividades para garantizar una estabilidad económica familiar. Entre las que se encuentra la manufactura y la minería (Pintado 2016); sin embargo, la agricultura sigue siendo la actividad principal que representa no sólo la fuente de alimentos sino también, en algunos casos, los ingresos económicos del hogar (Regmi *et al.*, 2016). El desarrollo del sector agrícola gira alrededor de la quinua (*Chenopodium quinoa*), la misma que crece en lugares aledaños al lago Titicaca a una altura promedio de 3 800 m.s.n.m. Este cultivo se destaca -a diferencia de otros ecotipos de valles,

de las del nivel del mar y el de las áreas subtropicales- por tener buena resistencia a las heladas (León 2003) y conservar la mayor biodiversidad. No obstante, los fenómenos naturales, antrópicos y climáticos vienen impactando la estabilidad de sus ecosistemas; hecho que pone en riesgo la seguridad alimentaria de la población.

3.1.4. Producción agrícola en Puno-Perú

Entre los principales granos andinos que se producen en Puno, se encuentran la quinua y la cañihua; ambas vinculadas a diferentes tipos de mercados, desde los más simples donde los agricultores acuden para cubrir las necesidades de alimentación, hasta aquellos a los que concurren para generar ingresos y cubrir necesidades mayores (Rojas *et al.* 2010). Con respecto al precio, durante el periodo 1995-2013, se observó un incremento en su nivel, lo que desincentivó el consumo de la quinua local (Gomez-Pando *et al.* 2014). Esta dinámica que pudiera explicar la alta tasa de desnutrición en poblaciones productoras de alimentos con alto valor nutricional se ve exacerbada por las fuertes interacciones entre la pérdida de la agrobiodiversidad de los granos andinos y la desertificación de las tierras, las prácticas agrícolas inadecuadas y los climas extremos.

El departamento de Puno, es el primer productor de quinua en el Perú, cuyas provincias El Collao, Azángaro, Chucuito, Puno y San Román, producen el 81 por ciento del total regional; asimismo refieren que los distritos de Cabana e Ilave son los más resaltantes en la producción orgánica certificada (Casafranca y Pahuachon 2014). La producción agrícola, manifiesta limitaciones técnicas y tecnológicas; por ejemplo, el distrito de Cabana no dispone de un sistema de riego tecnificado para atender las necesidades hídricas en tiempos de sequía; los agricultores dependen mucho de las precipitaciones pluviales y otros tipos de fuentes de agua como ríos, vertientes, lagunas y aguas subterráneas que son aprovechadas a través de sistemas artesanales o manuales como pozos, zanjas de filtración, andenes (León 2003).

En Puno, la agricultura familiar es importante; de los 683 millones de soles generados en la producción agrícola, la agricultura familiar contribuye con el 95 por ciento y si se habla en términos del número de productores, la presencia de la agricultura familiar es casi total pues representan el 99 por ciento de los aproximadamente 212 mil productores puneños. Además, estos manejan la gran mayoría de la superficie agropecuaria puneña (87 por ciento). En cuanto la mano de obra, se destaca una presencia importante de mujeres en la conformación

de la mano de obra agropecuaria rural, aunque no como asalariadas. En términos de empleo, la agricultura familiar representa el 78 por ciento (Pintado 2016).

La superficie agrícola de Puno es de 4 384 904 hectáreas (Dirección General de la República 2019). Para el 2015, la producción de quinua, cañihua y tarwi representaron respectivamente el 1.96, 0.23 y 0.09 por ciento de TM con respecto al total de la producción en el departamento de Puno (INEI(d) 2017). En relación con la agricultura y ganadería, la producción de quinua para el 2017 en el departamento de Puno, alcanzó 39 610 TM (INEI(a) 2018). Actualmente, Puno sigue siendo el primer productor de quinua a nivel nacional e internacional, así también es el primer exportador (53.6 por ciento) seguido de Bolivia (45.5 por ciento) y Ecuador ⁴. La producción de quinua, al 2018 en el Perú, alcanzó 86 011 TM, Bolivia 70 763 TM y Ecuador 2 146 TM⁵.

El desarrollo del riego en Puno, que significa un cambio tecnológico clave para la mejora de la productividad y la estabilidad de la producción, es incipiente; sólo el cuatro por ciento de las tierras cultivables están bajo riego, mientras que el 96 por ciento restante de cultivos son de secano (Pintado 2016) esta última, caracteriza a los cultivos de granos andinos. En relación a la producción de los granos andinos, Puno se caracteriza por producir principalmente quinua y cañihua. En relación a la quinua, el 2017 tuvo una producción global en Puno de 39 610 t y la cañihua de 4 785 t (INEI 2018); sin embargo entre estos dos granos andinos; la quinua se encuentra entre los principales productos de exportación en Perú (BCRP 2018c); siendo los principales importadores Estados Unidos, Europa y Asia (BCRP 2019a).

3.1.5. Seguridad alimentaria en el departamento de Puno-Perú

En Puno conviven un sector de la población con seguridad alimentaria (urbano), con otro sector, sobre todo rural, con graves problemas de déficit alimentario y nutricional; asimismo, se observa que donde hay mayor presencia de agricultura familiar, hay mayor desnutrición infantil (Pintado 2016). De los 109 distritos existentes en Puno, 30 de ellos presentan tasas de desnutrición crónica (DC) infantil superiores al 25 por ciento y en 63 de ellos se observa

⁴ <https://www.tridge.com/production/0092-quinoa/countries>

⁵ <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

tasas entre 15 por ciento y 25 por ciento, este hecho cuestiona el uso de promedios departamentales para observar el problema nutricional y plantea la necesidad de diseñar políticas que tengan en cuenta estas desigualdades (Pintado 2016).

3.1.6. La pobreza en el departamento de Puno-Perú

Como en el mundo, en el Perú la pobreza rural se concentra en las áreas agrarias. La lengua materna aparece como un perfil importante de pobreza en los agricultores de Puno. Los agricultores que tienen como lengua materna el *Aymara* tienen mayor probabilidad de ser pobres que los que tienen como lengua materna el *Quechua* o *Español* (Zegarra 2016). El análisis de la evolución de la “pobreza agraria” realizado en Puno entre 2007-2015, por Zegarra (2016) muestra una importante reducción de pobreza en la región entre 2007 y 2012 la misma que empieza a detenerse en 2013, y entre 2014 y 2015 se observa por primera vez un aumento en la tasa de pobreza general y en la de los hogares agropecuarios.

3.1.7. La agrobiodiversidad en el departamento de Puno-Perú

De todos los granos andinos cultivados en los Andes (maíz, quinua, cañihua, kiwicha y el tarwi); la quinua y la cañihua obran vital importancia en Puno. En los Andes, hay una diversidad de geografía y ecología, así como cultural que han favorecido la mutación y la diversidad genética de la quinua (Andrews 2017), como ejemplo presentamos la localización del área de los cultivos de quinua en la Figura 3, la misma que se distribuye entre los corredores de Cusco, Puno (el altiplano puneño y la zona alrededor del lago Titicaca) con diferentes formas de cultivo, almacenamiento tradicional, dinámica de las plagas, tipo de suelo y alturas (Tapia y Fries 2007). Las especies de quinua que crecen en el grupo agroecológico del altiplano se caracterizan por soportar una precipitación de 400-800 mm y una temperatura de 0°C y se caracterizan por tener una mejor capacidad de adaptación al ambiente (Tapia y Fries 2007)

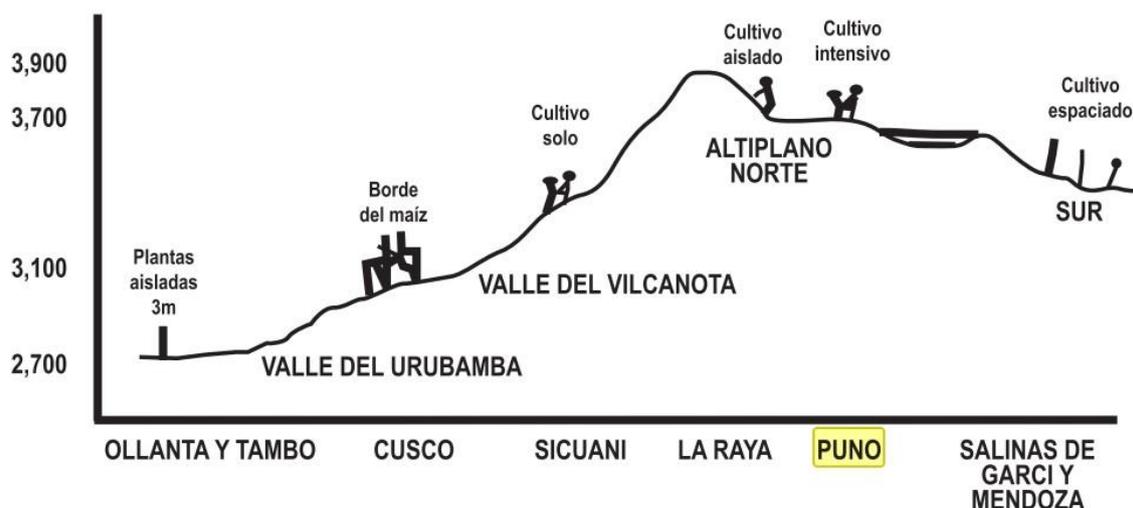


Figura 3. Producción de quinua en Perú.

Fuente: Tapia et al. (1997).

Sin embargo, este hecho por sí solo no explica la alta tasa de diversidad genética de la quinua. La presencia de una cultura andina que diversifica su alimentación, apoya la observación y el cuidado de las plantas es un factor clave en el desarrollo de una diversidad de granos andinos domesticados y esta se observa en Puno (Andrews 2017). En el caso de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*, Aellen), su cultivo se centraliza, también en el altiplano de Puno en las zonas agroecológicas de Suni y Puna, en el Altiplano y las serranías de Cochabamba, Bolivia (Tapia y Fries 2007).

3.2. REPRESENTATIVIDAD DE LAS FAMILIAS AGRÍCOLAS PRODUCTORAS DE QUINUA EN PUNO-PERÚ

3.2.1. Cálculo del tamaño de la muestra y el diseño muestral

Se consideró como unidad de investigación, a la Unidad Agropecuaria (UA), definida según el último CENSO agropecuario del 2012, como el terreno o conjunto de terrenos, dentro de un distrito, utilizados total o parcialmente para la producción agropecuaria, conducido como una unidad económica por el productor agropecuario, sin considerar la extensión, régimen de tenencia o condición jurídica (INEI 2017d).

La población objetivo de este estudio, fueron los Hogares Agrícolas de Subsistencia (HA_Sub) productores de quinua en el departamento de Puno, estos se definen como tales, al poseer tierras menores a cinco ha. Estos productores agropecuarios deben de estar registrados como personas naturales. La unidad de información estadística serán las provincias seleccionadas del departamento de Puno. La unidad de observación corresponde a los pequeños agricultores de quinua entrevistados.

Tipo de muestreo

Inicialmente se contempló realizar un muestreo por conglomerados, con este fin se usaron dos bases de datos secundaria, por un lado, el *Censo Nacional Agropecuario del año 2012* (CENAGRO 2012), y por el otro la base de datos de la *Dirección de Estadística Agraria e Informática de Puno* (DEAIP 2012). En estas bases se identificaron variables como; superficie cultivada de quinua por productor (CENAGRO 2012) y producción de quinua por distrito; número de productores (DEAIP 2012), a partir de esta base de datos se estimó la producción media de quinua entre los productores del departamento de Puno y la correlación entre los distritos.

Como la información del CENAGRO (2012), no cuenta con información suficiente sobre la variable **producción**, estas fueron estimadas en función a un modelo de regresión como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 4. Resultado del modelo de regresión con respecto al análisis de datos para la variable de producción.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0.977	0.954.	0.953	96.808

a. Predictores: (Constante), Siembras (Ha.)

b. Variable dependiente: Producción (T.)

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t.	Sig.
	β	Error estándar	Beta		
(Constante)	25.805	10.702		2.411	0.018
Siembras (Ha.)	0.904	0.019	0.977	47.011	0.000

a. Variable dependiente: Producción (T.)

Como se puede observar el valor de R cuadrado es superior a 95 por ciento y valores de los coeficientes son significativos, por lo que se estimaron los datos de producción en función a los valores de la superficie sembrada del INEI-CENAGRO (2012).

Seguidamente, se calculó el coeficiente de correlación intra-conglomerados, aplicando un análisis de varianza (ANOVA), tomando como factor el conglomerado de pertenencia (distrito). Los resultados del análisis muestran una alta correlación entre los conglomerados, motivo que nos llevó a replantear el muestreo por conglomerados por uno estratificado, considerando a las provincias como los estratos, pero conservando la información de los distritos.

Tabla 5. Análisis ANOVA para determinar coeficientes de correlación entre los grupos.

Producción	Suma de cuadrados	de gl	Medida cuadrática	F	Sig
Entre grupos	787.688	83	9,490	60.286	0.000
Dentro de los grupos	10 624.309	67 490	0.157		
Total	11 411.997	67 573			

Donde:

$$\rho = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_b^2 + \sigma_e^2} = \frac{9.490}{9.490 + 0.157} = \frac{9.490}{9.647} = 0.983725511 \approx 0.99$$

A fin de conservar la información de los distritos; se seleccionó la información de los productores de la base de datos del CENAGRO, 2012, considerando la probabilidad proporcional a la producción individual, de este modo aquellos distritos con mayor producción tendrán más probabilidades de ser seleccionados (asignación óptima de la muestra) entre los estratos. Adicionalmente, sólo se tomaron en cuenta las provincias cuyo número de productores a nivel poblacional, resultaron superiores al percentil 30 (2 263.3); esto es con la finalidad de asegurar un número de encuestas suficiente para poder realizar conclusiones a nivel de provincias.

Cálculo del tamaño muestral

La población de estudio se encuentra representada por productores de quinua del departamento de Puno, estratificada por provincias, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. Número de productores de quinua por provincia.

N°	Provincia	Distrito	Tamaño número de productores (Nh)
1	Puno	Vilque	13 048
2	Azángaro	Tirapata	14 921
3	Carabaya	Usicayos	10
4	Chucuito	Zepita	10 759
5	El Collao	Conduriri	8 924
6	Huancané	Vilque Chico	6 137
7	Lampa	Vilavila	3 642
8	Melgar	Umachiri	3 440
9	Moho	Tilali	337
10	San Antonio de Putina	Sina	961
11	San Román	Caracoto	3 636
12	Sandia	San Pedro de Putina	0
13	Yunguyo	Unicachi	1 759

Sin embargo, los elementos sombreados de la tabla anterior fueron eliminados debido a que el número de productores a nivel poblacional resulta ser inferior al percentil 30 (2 263.3); y a que se busca asegurar un número de encuestas suficiente para poder realizar conclusiones a nivel de provincias.

Finalmente, para determinar el tamaño de muestra se usó la siguiente fórmula (Cochran)

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

Donde:

N = Es el tamaño de la población igual a 64 507

N_h = Es el tamaño del estrato h.

σ_h = Es la desviación estándar de la producción en el estrato h.

e = Es el error de estimación.

z = Es la abscisa de la distribución normal para un nivel de confianza determinado.

Tomando en cuenta:

Error de estimación (e) de 0.04

Nivel de confianza del 97 % (Z=2.17)

Tabla 7. Estimación del tamaño muestral por provincia.

N°	Provincia	Tamaño (Nh)	Desviación estándar (σ_h)	Nh σ_h	Nh σ_{2h}	nh
1	Puno	13 048.00	0.42	5 422.52	2 253.50	89
2	Azángaro	14 921.00	0.35	5 153.40	1 779.88	85
3	Chucuito	10 759.00	0.29	3 095.02	890.34	51
4	El Collao	8 924.00	0.38	3 389.33	1 287.26	56
5	Huancane	6 137.00	0.25	1 506.30	369.72	25
6	Lampa	3 642.00	0.45	1 635.84	734.75	27
7	Melgar	3 440.00	0.72	2 489.54	1 801.69	41
8	San Román	3 636.00	0.71	2 567.42	1 812.88	42
Total		64 507.00		25 259.37	10 930.02	416

Tabla 8. Distribución de encuestas por provincias, considerando el 10 por ciento adicional.

N°	Provincia	Frecuencia	Frecuencia Más 10 %
1	Puno	89	98
2	Azángaro	85	94
3	Chucuito	51	56
4	El Collao	56	62
5	Huancané	25	28
6	Lampa	27	30
7	Melgar	41	45
8	San Román	42	46
Total		416	458

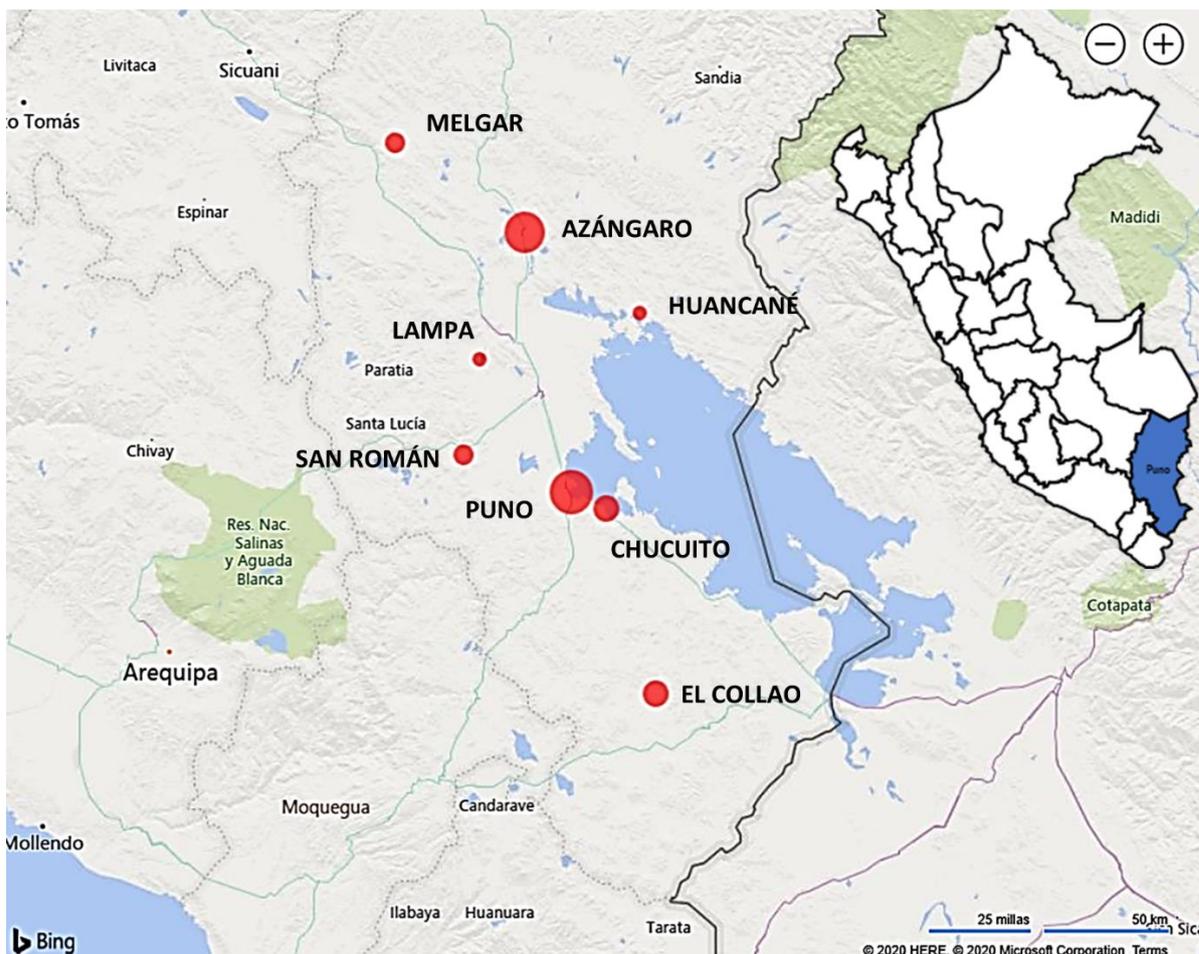


Figura 4. Mapa del departamento de Puno- Perú, los círculos rojos representan la proporción de encuestas tomadas en cada provincia de acuerdo al diseño y tamaño muestral establecido.

3.2.2. Herramientas para la recolección de la información

El diseño y aplicación de herramientas de recolección de la información fueron realizadas en coordinación con el responsable de la Línea 2 de investigación en agrobiodiversidad de granos andinos de la Escuela de Posgrado (EPG) de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM). Estas herramientas tuvieron como finalidad la identificación de *stakeholders* y la comprensión de la dinámica de las granjas en aspectos relacionados a la agrobiodiversidad y seguridad alimentaria.

Focus group

Se organizaron reuniones con productores de quinua a través de la coordinación con las agencias agrarias de las provincias incluidas en el diseño de muestreo, producto de estas

reuniones se obtuvieron datos agronómicos de Puno y su relación entre las prácticas agrícolas, los rendimientos de los cultivos y los efectos ambientales.

Taller

Asimismo, se llevaron a cabo talleres a fin de definir los sistemas de explotación más representativos.

Encuestas

Las encuestas fueron aplicadas en el último trimestre del año 2017 a 461 HA_Sub. Esta encuesta consideró variables relacionadas con el estado de la producción, la conformación de las familias, las condiciones sociodemográficas de sus integrantes y factores de riesgo a la seguridad alimentaria, así como también variables de consumo y producción.

La encuesta fue aplicada en diferentes distritos del departamento de Puno; de acuerdo al diseño muestral descrito previamente. La encuesta en sí misma fue organizado en doce secciones , incluyendo (i) identificación del hogar, (ii) estructura agraria, (iii) participación en asociaciones y gremios, (iv) productividad de granos andinos, (v) cantidad de factores de producción de quinua, (vi) destino y comercialización de granos andinos, (vii) factores ambientales, de financiamiento y capacitación, (viii) seguridad alimentaria, (ix) subsidios y agua, (x) producción pecuaria, (xi) actividades económicas de importancia y (xii) aspectos que aseguran la calidad de la información recolectada Anexo 2.

3.3. ESTRATEGIAS PREVIAS PARA LA ADAPTACIÓN DEL MBHA

A partir de las 461 encuestas aplicadas en el 2017, a HA_Sub productoras de quinua del departamento de Puno-Perú, se generó una base de datos, en una hoja de cálculo de Excel, organizando la información en tablas con las observaciones de los 461 encuestados en filas y las variables en columnas. Luego del control de calidad y para conservar la mayor parte de la información obtenida, se realizó un análisis de sustitución de datos (encontrar los valores perdidos); asimismo se identificaron *outliers*, “*strong*” correlaciones, control de la distribución de las variables.

Las estrategias previas de adecuación consintieron de la aplicación de técnicas estadísticas de agrupamiento para la clasificación de hogares agrícolas en función a variables de agrobiodiversidad y seguridad alimentaria.

3.3.1. Construcción tipológica de hogares agrícolas de subsistencia en función a indicadores de seguridad alimentaria y agrobiodiversidad

Contrariamente a la clasificación de los agricultores, en base la superficie del área cultivada o nivel de producción por área geográfica propuesta por (Fernández *et al.* 2017, Louhichi *et al.* 2013, Louhichi *et al.* 2014), el presente estudio planteó la estrategia de realizar clasificaciones o tipologías en base a variables asociadas a la agrobiodiversidad y seguridad alimentaria desde una visión holística de tal manera de obtener información del estado de las provincias en relación con estos dos aspectos.

Para la construcción de las tipologías, se prefirieron usar unas pocas variables claves según lo sugiere (Álvarez *et al.* 2018) a fin de distinguir mejor las variables que describen los sistemas de granja; así también algunas variables cuantitativas fueron estandarizadas en porcentajes para evitar niveles de variación debido a la unidad de medida (Álvarez *et al.* 2014).

El análisis tipológico realizado incluyó, por un lado, el análisis multivariado -Análisis de Componentes Principales (PCA)- que permite la reducción de datos o reducción de dimensiones en base a variables de interés. Por otro lado, el Análisis de Agrupamiento Jerárquico (AAJ, *Hierarchical Cluster Analysis*-HCA), permite la agregación gradual de observaciones espaciales dentro de tipos/grupos disjuntos o desarticulados. Primero, cada finca es un grupo en sí mismo, y luego en cada paso, los dos más similares son fusionados hasta que solo queda un grupo con todas las fincas. El resultado visual de estos pasos (Algoritmo) es un dendrograma o árbol de clasificación. La altura de las ramas del dendrograma representa la distancia promedio (disimilitud) entre las observaciones dentro y entre grupos. Por lo tanto, el dendrograma proporciona una representación visual de variabilidad de los datos y una herramienta útil para justificar la elección de una partición; es decir, el número de racimos. La elección del número de clústeres es una compensación entre la reducción de las diferencias y el aumento de clusters. La partición del dendrograma

podría hacerse en base a: (i) la apariencia general del dendograma, (ii) el número de clústeres y (iii) su interpretabilidad, y (iv) el examen de las alturas delta (Alvarez *et al.* 2014).

A. Construcción tipológica en función a indicadores de agrobiodiversidad

Con el objetivo de definir grupos de HA_SubS en función a variables asociadas a la agrobiodiversidad intra-específica e inter-específica se realizó una construcción tipológica según lo describe (Alvarez *et al.* 2018).

a. Variables de agrobiodiversidad

Si bien la agrobiodiversidad intra-específica puede ser medida con índices, en el caso de este estudio se decidió usar el número de “tipos” de quinua que cultiva cada familia agrícola como un indicador de agrobiodiversidad de intra-específica de este cultivo, sustentados en las siguientes evidencias;

- Al igual que Brush (2004), evitamos hacer uso del término “variedad” para describir la agrobiodiversidad de la quinua, en cambio utilizaremos “tipos”.
- Al igual que Brown (2008), se consideró que los agricultores toman decisiones a nivel de tipos; por ejemplo, al plantar un tipo de quinua de buena reputación, tolerante en una situación estresante, los agricultores refuerzan estos atributos reconociéndolos como unidades.
- Al igual que Andrews (2017) y Brush (2004), se reconoció que los agricultores locales son conscientes de la diversidad de la quinua y tienen un conocimiento avanzado de esta especie, prueba de ello son la cantidad de nominaciones que recibe la quinua y cañihua en esta región. Por ello mismo, el uso de índices para medir la agrobiodiversidad podría resultar cuestionable, para los propósitos de este estudio.

Por lo tanto, la variable, “número de tipos”, como un indicador de agrobiodiversidad de quinua y cañihua permitió registrar; i) los tipos comerciales (seleccionadas en estaciones experimentales), ii) tipos nativos (seleccionadas por los propios campesinos), y iii) tipos silvestres (*ayara*) en proceso de domesticación de uso por los hogares agrícolas.

Además, en vista de que la agricultura andina tiene la particularidad de tener un elevado número de especies cultivadas -cultivos asociados- algunas veces más de diez (Tapia y Fries 2007) y ser agropecuaria, se consideró la agrobiodiversidad inter-específica cuantificada como el número de especies (animales y plantas) diferentes presentes en la finca.

Para la selección de otras variables asociadas a los componentes de la agrobiodiversidad, se consideraron aquellas que describieran mejor los aspectos de estructura y recursos del sistema de agrobiodiversidad de las fincas. Estas variables reflejaron tanto la agrobiodiversidad inter-específica como la intra-específica dentro de la finca y fueron estandarizadas con respecto a la unidad de medida (Tabla 9). Para ver la distribución de esta agrobiodiversidad, con enfoque integral, también se consideró la altitud del distrito encuestado; para ello la base de datos fue complementada con datos geográficos del distrito obtenidos del servicio *web* de mapas Google Maps. La decisión para la incorporación de esta variable se debe a la existencia de evidencia con respecto a la relación entre la distribución de la riqueza de especies y la altitud en msnm (Ghafari *et al.* 2018).

Tabla 9. Componentes de la agrobiodiversidad considerados para la construcción de las tipologías

Variable	Unidad	Código	Características
DIVERSIDAD BIOFÍSICA			
Tipos de cultivos			
Variedades de quinua cultivada	Nro. de variedades	Nro_Variedades_quinua	Agrobiodiversidad intra-específica
Variedades de cañihua cultivada	Nro. de variedades	Nro_animales_peq	Agrobiodiversidad inter-específica
Tipos de ganados y otros animales			
Cantidad de ganado (terneros, toros, vacas, ovinos, alpacas, etc)	Nro de variedades	Nro_Variedades_animales	Agrobiodiversidad inter-específica
Cantidad de animales pequeños (aves, cuyes, etc)	Nro de variedades	Nro_animales_peq	Agrobiodiversidad inter-específica
Agentes de biocontrol			
Plagas presentes en el cultivo	Nro. de plagas	Nro_plagas	Agrobiodiversidad inter-específica
DIVERSIDAD AMBIENTAL			
Altitud del distrito	msnm	Altitud_msnm	
DIVERSIDAD ORGANIZACIONAL			
Factores de producción de la quinua	Nro. actividades agrícolas	Nro_Activ_Agric	

Fuente: Elaboración propia, basada en Brookfield y Stocking (1999) y Frech y Damaske (2012).

b. Construcción tipológica – agrobiodiversidad

El valor medio en los datos de cada distrito fue sometido, en principio, a un análisis exploratorio a fin de determinar valores perdidos, errores potenciales, *outliers*, correlaciones y distribución de las variables.

Las tipologías fueron desarrolladas usando variables de estructura (evaluación de las granjas y recursos), para ello se llevaron a cabo los siguientes pasos (i) reducción de la dimensionalidad de los datos, identificación de patrones primarios y variabilidad de la aplicación de PCA (Principal Component Analysis), (ii) selección de los componentes principales en base al análisis de inercia explicada (iii) y análisis de Cos^2 (contribuciones relativas) para ver la representatividad de individuos y variables. En una segunda etapa se empleó un análisis de clúster jerárquico con los resultados del PCA, a través de la

construcción de un dendograma. Para todos estos fines se usó el programa R y el paquete estadístico “ade4” según lo sugiere (Alvarez *et al.* 2014).

- **Análisis de componentes principales (PCA):** Se hizo uso de esta herramienta para (i) identificar si los individuos (distritos) y variables se encuentran bien representados sobre los planos identificados, (ii) identificar qué variables proporcionan información adicional. Esta herramienta se empleó en repetidas ocasiones entre los componentes principales (PC) a fin de verificar la mejor inercia explicada (varianza explicada de los datos); es decir, la mejor diversidad de sistema agrícola en términos de agrobiodiversidad. Para determinar el número de componentes principales se usó el criterio de *Kaiser* donde todos los ejes con un *eigen value* mayor que uno fue escogido (Álvarez *et al.* 2014).

- **Análisis de Clúster Jerárquico (HC):** Con la finalidad de agrupar los productores de quinua en clases o tipos en función a las características de la agrobiodiversidad de sus granjas se aplicó un análisis de Clúster Jerárquico (HC) sobre los resultados de PCA usando el método Ward (Murtagh y Legendre 2011). El número de clúster se determinó en base a la apariencia final del dendograma; el número de clúster y su interpretabilidad y una examinación de las alturas delta (Δ Height) las mismas que representan la distancia media (disimilaridad) entre las observaciones dentro de los grupos y entre los grupos.

B. Construcción tipológica en función a indicadores de seguridad alimentaria

Con el objetivo de definir grupos de hogares agrícolas en función de variables asociadas a la seguridad alimentaria, se realizó una construcción tipológica según lo describe (Álvarez *et al.* 2014).

a. Variables de seguridad alimentaria

A pesar de ser muchas las variables asociadas a la seguridad alimentaria como la edad, sexo, nivel educativo del jefe del hogar, ingresos agrícolas y no agrícolas, número de integrantes en la familia, número total de ganado, área de la propiedad del hogar, área explotada por el hogar, uso de fertilizantes, etc. Para los fines de este estudio, que busca visibilizar la seguridad alimentaria a nivel macro (global) y micro (local) se seleccionaron aquellas

variables que representen mejor los cuatro pilares de la seguridad alimentaria, bajo la estructura conceptual de seguridad alimentaria propuesta por Kapur (2015) (Tabla 10). De esta manera, y en concordancia con el concepto de seguridad alimentaria establecido por la FAO, la seguridad alimentaria dependerá de una adecuada y estable disponibilidad de alimentos, acceso para una adecuada y apropiada alimentación, y un uso apropiado y buena salud para asegurar que los consumidores individuales disfruten de todos los beneficios nutricionales de los alimentos disponibles y accesibles.

Tabla 10. Indicadores de seguridad alimentaria empleadas en la construcción tipológica.

Variable	Unidad	Código	Concepto
CONSUMO DE ALIMENTOS			
Disponibilidad			
Cantidad de quinua producida para el autoconsumo	Kilogramos	Quinua_producida_Autoconsumo_kg	Es la cantidad de alimentos que se encuentra físicamente presente en un área a través de diferentes formas como la producción agrícola, stocks, importación comercial o asistencia alimentaria
Cantidad de cañihua producida para el autoconsumo	Kilogramos	Cañihua_Producida_Autoconsumo_kg	
Acceso			
Ingreso del jefe del hogar	Soles	Ingreso_jefe_del_hogar	Incluye la asequibilidad, asignación y preferencias- A nivel de hogar la seguridad alimentaria se define como “ <i>el acceso a la comida que sea adecuada en términos de calidad, cantidad, seguridad y aceptabilidad cultural para todos los miembros del hogar</i> ” Incluye ingresos y transferencias de ingresos.
Distancia del distrito a Juliaca	Kilómetros	Distancia_Juliaca_km	
Participación en programas sociales	Porcentaje	Nro_program_sociales_participa	
Uso			
Grado de Consumo de energía	Porcentaje	Adecuación_Energ_por	Incluye el valor nutricional, valor social y la alimentación segura.
Grado de Consumo de Proteínas	Porcentaje	Adecuación_Prot_por	El uso y la utilización de los alimentos están determinados por la cantidad que come una persona y qué tan bien la persona convierte los alimentos en energía, todo lo cual afecta el uso biológico adecuado de los alimentos, el estado nutricional y el crecimiento.
SANIDAD			
Utilización			
Disponibilidad de agua segura	Porcentaje	Origen_agua_POTABLE	Está ligado a la salud y factores nutricionales, tales como el acceso a agua limpia, sanidad y servicios médicos

*Regidos por factores socioeconómicos y ambientales

b. Estimación de la adecuación proteica y energética

Para determinar si los productores de quinua de Puno-Perú, tienen un estado nutricional adecuado, se calculó el porcentaje de adecuación proteica y energética, que incluyó los siguientes pasos:

- **Requerimiento de Energía (Kcal) y Proteínas (g):** Para el cálculo del requerimiento de energía de cada uno de los encuestados, se tuvo como referencia, el informe técnico “Requerimiento de energía para la población peruana” (Dominguez Curi y Aguilar Esenarro 2015) y el informe “Requerimientos de proteína mixta de la FAO/OMS 2007”, ambos consideran equivalencias de cálculo para población rural, de acuerdo a la edad de la persona se estima un valor por g/Kg/día, que en nuestro caso para población adulta es de 1g Prot/Kg/día (gramos de proteína por cada kilogramo de peso, que tiene la persona, por día) (Tabla 11).

Tabla 11. Ejemplo de cálculo de requerimiento de proteínas por día.

Si el peso de la persona es de 56 Kg y el requerimiento de proteína según FAO/OMS es de **1g/Kg/día**, se evidencia que:

$$1g \times 56 = 56 g \text{ Prot /día.}$$

(Requerimiento de Proteína por día)

- **Cálculo de la adecuación de energía y proteínas:** La adecuación de energía y proteínas se refiere al porcentaje energético o proteico que cubre la dieta diaria respecto al requerimiento de la persona. Para determinar este porcentaje se usaron valores de referencia de ingesta dietética (RDA) 2001 y a los datos de alimentos consumidos por encuestado (distribución de proteínas).

c. Estimación de otras variables

Para poder evaluar la accesibilidad física (distancia del distrito encuestado hacia Juliaca), la base de datos obtenida de las encuestas fue complementada con datos geográficos del distrito obtenidos del servicio web de mapas Google Maps.

d. Construcción tipológica - seguridad alimentaria

En principio, todas las variables anteriormente mencionadas, fueron estandarizadas con respecto a la unidad de medida. Finalmente, el valor medio de cada distrito fue sometido a un análisis exploratorio usando gráficos X-Y (plots), a fin de identificar los valores perdidos, potenciales errores, *outliers*, correlaciones y distribución de las variables.

Con el fin de agrupar un conjunto de observaciones (familia agrícola encuestada) en un número dado de clúster o grupos se construyó un dendrograma, se utilizó la librería “ade4” según lo sugiere (Álvarez *et al.* 2014). Las tipologías usaron variable de estructura y funcionalidad y siguieron los siguientes pasos (i) reducción de la dimensionalidad de los datos, identificación de patrones primarios y variabilidad de la aplicación de PCA (*Principal Component Analysis*), (ii) selección de los componentes principales en base al análisis de inercia explicada (iii) y análisis de Cos2 (contribuciones relativas) para ver la representatividad de individuos y variables. En una segunda etapa se empleó un análisis de clúster jerárquico con los resultados del PCA, a través de la construcción de un dendrograma.

- ***Análisis de Componentes Principales (PCA):*** Se usó esta herramienta para (i) identificar si los individuos (distritos) y variables se encuentran bien representados sobre los planos identificados, (ii) identificar que variables proporcionan información adicional. Esta herramienta fue empleada en repetidas ocasiones entre los componentes principales (PC) a fin de verificar la mejor inercia explicada (varianza explicada de los datos); es decir, la mejor diversidad de hogares agrícolas en términos de seguridad alimentaria. Finalmente, para determinar el número de componentes principales se hizo uso del criterio de *Kaiser* donde todos los ejes con un *Eigen value* mayor a uno fue escogido (Álvarez *et al.* 2014).
- ***Análisis de Clúster Jerárquico (ACJ):*** Con la finalidad de agrupar los productores de quinua en clases o tipos en términos de seguridad alimentaria, se aplicó un análisis de Clúster Jerárquico (HC) sobre los resultados de PCA usando el método Ward (Murtagh y Legendre 2011). El número de clúster se determinó en base a la apariencia final del dendrograma; el número de clúster y su interpretabilidad y una examinación de las alturas delta (Δ Height) las mismas que representan la distancia media (disimilaridad) entre las observaciones dentro de los grupos y entre los grupos.

3.3.2. Determinación de grupos agrobiodiversidad-seguridad alimentaria, evaluación de las asociaciones estadísticas

Una vez obtenidos los tipos de hogares agrícolas por indicadores de seguridad alimentaria (HSA1, HSA2, HSA3, HSA4) y agrobiodiversidad (H1, H2, H3, H4) se realizó un Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) buscando describir las relaciones entre los dos grupos (seguridad alimentaria y agrobiodiversidad). El ACM tiene como finalidad representar variables nominales múltiples en un espacio de pocas dimensiones, dichas dimensiones contienen las categorías de las variables, así como los objetos pertenecientes a dichas categorías. La forma de visualizar estas dimensiones es a través de mapas perceptuales. Un mapa perceptual está compuesto de ejes de coordenadas y puntos. Los puntos representan a objetos y categorías de las variables y los ejes (dimensiones) definen el espacio de representación de los puntos (Morales Jacob 2004). De esta manera, se pudo identificar la asociación entre los hogares con determinadas características de agrobiodiversidad con aquellos grupos de hogares con diferente grado de seguridad alimentaria y su distribución en el departamento de Puno-Perú.

3.4. ESTRUCTURA MATEMÁTICA DEL MODELO BIOECONÓMICO DE HOGAR AGRÍCOLA (MBHA) Y LAS ADAPTACIONES

Actualmente existen muchos modelos bioeconómicos circunscritos a propósitos específicos, técnicamente los modelos raramente se diseñan para comunicarse con otros modelos de otras disciplinas; pero en el caso de las áreas naturales como la hidrología, ecología y silvicultura esto es muy frecuente (Argent 2004). En el caso de los MBHA lo que busca es la transferibilidad; es decir, ampliar el modelo a nuevas características que permitan su reutilización en conjuntos de datos, tipos de fincas y ubicaciones diferentes (Janssen y van Ittersum 2007), con entornos sociales, impactos ambientales y funciones de la agricultura diversas. Por ello, este estudio buscó adaptar el modelo propuesto por Louhichi *et al.* (2013) y Fernández *et al.* (2017), considerando previamente estrategias de adecuación de los datos al modelo con el fin de capturar los siguientes aspectos:

- El concepto de la seguridad alimentaria, que históricamente se refería al suministro global de alimentos, evoluciona a un enfoque aplicado más a nivel comunitario, local

doméstico o individual, donde la agricultura tiene roles importantes como la disponibilidad, la fuente de ingresos y el valor nutricional (Kapur 2015).

- Las características de la agrobiodiversidad y los agroecosistemas son diferentes, ya sea por la influencia geográfica, climática y de impactos de la actividad del hombre sobre ellos.
- Los sistemas de pequeña agricultura son altamente heterogéneos en muchas características; tales como, el hogar agrícola individual, el acceso a la tierra, la fertilidad del suelo, cultivos, activos ganaderos, actividades no agrícolas, mano de obra y disponibilidad de efectivo, rasgos socioculturales, trayectorias de desarrollo de granjas y orientaciones de subsistencia, entre otros (Álvarez *et al.* 2018).

La estructura principal del modelo se basa en la propuesta de Louhichi *et al.* (2013), el cual consiste en un módulo de datos para la gestión de la agricultura y un modelo de programación matemática. El primero de ellos tiene como objetivo identificar actividades presentes y alternativas y cuantificar los coeficientes de ingreso y salida (tanto en los rendimientos como en los efectos ambientales). Estas estimaciones discretas indican la cantidad de insumos necesarios para lograr ciertos productos y los efectos económicos y ambientales asociados. El segundo, elige las que mejor se adapta al comportamiento del agricultor, dado el conjunto de recursos, las limitaciones tecnológicas y políticas, y pronostica las respuestas de los agricultores a las nuevas tecnologías, así como a los cambios en las políticas y el mercado.

Los generadores de coeficientes técnicos se pueden definir como algoritmos para traducir la información de los datos a coeficientes que representan las relaciones entre insumos y productos para una actividad discreta (Hengsdijk y van Ittersum, 2003).

La fórmula matemática general de este modelo es la siguiente:

$$\mathbf{Max} U = \sum_{h=1}^H w_h R_h \quad (1)$$

Sujeto a:

- Limitaciones de recursos (tierra, equipamiento y mano de obra)

- Restricciones de consumo usando un sistema de gasto lineal (Linear Expenditure System – LES)
- Bandas de precios y condiciones de holgura complementarias
- Balance de productos (materias primas) a nivel de finca
- Restricción de efectivo

Donde:

U = valor de la función objetivo,

h = denota un hogar agrícola

w = el peso del hogar agrícola (importancia) dentro del departamento de Puno

R = Ingreso esperado del hogar agrícola.

R se define como el ingreso obtenido de todas las actividades económicas de los miembros de la familia del mismo hogar: (1) los ingresos agrícolas (Zh), ingresos obtenidos por los hogares de vender o consumir sus propios productos agrícolas; (2) Los ingresos procedentes de los factores de producción comercializados, salarios no agrícolas, alquiler de tierras y equipo; (3) Los ingresos no agrícolas, ingresos que provienen de otras fuentes, (comercio minorista, artesanía, etc.), las pensiones, las transferencias (incluidas las remesas) y las donaciones.

El modelo toma en cuenta los recursos con los que cuenta cada hogar agrícola para hacer coincidir los recursos disponibles que se emplean en una operación de producción y los posibles usos que se hacen de ella por las diferentes actividades agrícolas, suponiendo que;

- La tierra, la mano de obra y el equipo son factores comerciables y pueden intercambiarse entre los productores dentro de la misma región. Cualquier excedente de mano de obra puede ser exportado fuera del sector agrícola a precios de mercado. Sin embargo, el exceso de demanda de mano de obra no se puede satisfacer a través de la importación (por ejemplo, el intercambio de tierras y equipos entre sectores no está permitido), esto será expresado en una ecuación de balance de cantidad.
- La restricción de dinero en efectivo establece que el valor total de los insumos, bienes y factores comercializables que un hogar puede comprar están restringidos por su ingreso total (en efectivo) de las ventas del mercado de bienes y factores comerciables más los ingresos (exógenos) fuera de la finca.

Estos contextos son representados en varios bloques de ecuaciones para modelar las decisiones de participación del hogar agrícola en el mercado, entre ellos;

- Bloque para los precios de las materias primas superiores e inferiores,
- Bloque de las condiciones de holgura complementarias, para garantizar que un hogar agrícola utilice su propio precio sombra; si y sólo si no participa en el mercado de bienes.
- Bloque para asegurar que, para cada producto, un hogar agrícola puede ser un comprador o un vendedor, pero no ambos (los hogares también pueden ser autosuficientes; es decir, ni compran ni venden bienes).
- Dos condiciones de compensación del mercado: (i) asegura el equilibrio de las materias primas en el hogar: la suma de la producción y la demanda del mercado para cada bien debe ser igual al consumo más las ventas del mercado; y (ii) el equilibrio de la demanda y el suministro de bienes y factores comercializables a nivel de estudio, esta condición se utiliza para captar la interacción entre los hogares agrícolas para bienes y factores comerciables.

Entre las características más representativas del modelo concebido por Louhichi *et al.* (2013), se encuentran;

- Está diseñado para capturar el comportamiento de subsistencia de los agricultores, es decir la “no separabilidad de las decisiones de producción y consumo”, esto se logra a través de la interrelación entre los costos de transacción y las decisiones de participación en el mercado del agricultor. Esto es, el precio al que el hogar valoriza una mercancía es generado por el modelo dependiendo de los costos de transacción (estado de negociación del hogar debido al transporte, infraestructura deficiente, estructuras de mercado no competitivas e información incompleta, entre otros).

Los costos de transacción definen, si un hogar agrícola es comprador neto, vendedor neto o autosuficiente. En el modelo, esto se logra utilizando el concepto de banda de precios (Figura 5), basado en el precio de mercado (p^m) y los costos de transacción multiplicativos (t), como se observa en la siguiente ecuación (2).

$$\begin{aligned}
 p_{h,j} &\leq p_j^m t_{h,j}^b & (2) \\
 p_j^m t_{h,j}^s &\leq p_{h,j}
 \end{aligned}$$

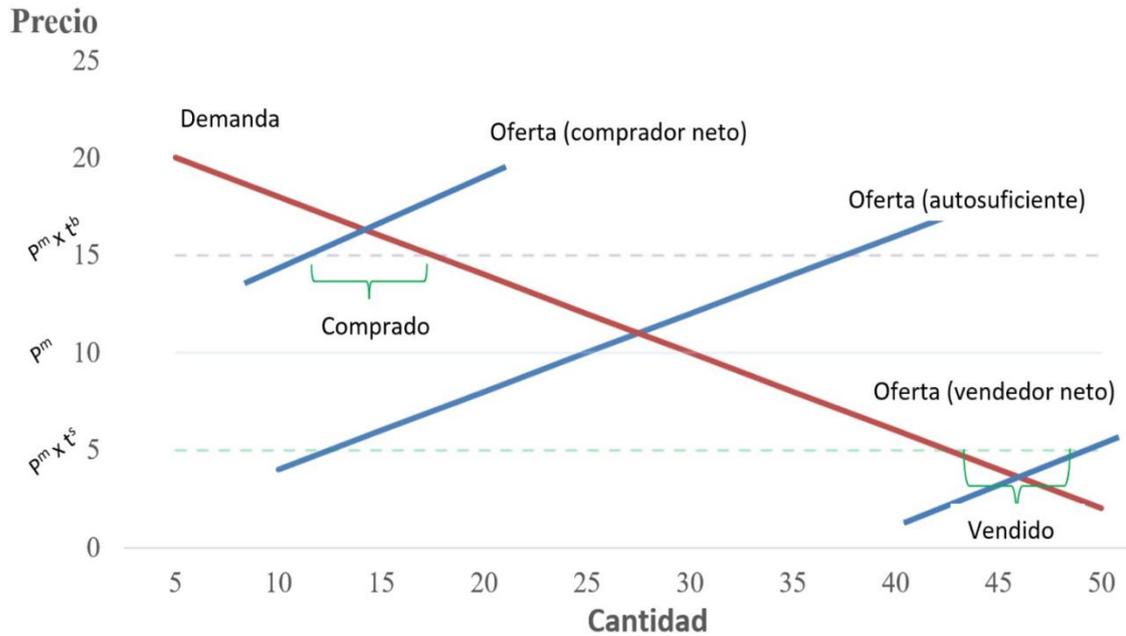


Figura 5. Decisiones de producción y consumo no separables. Fuente: Adaptación de Louhichi *et al* (2013).

- Con respecto al modelo del consumo, utiliza un Sistema de Gasto Lineal (LES) para describir el comportamiento de consumo del hogar. En este sistema, el conjunto de funciones de demanda se expresa en forma de gasto y se supone que es lineal en los precios y los ingresos de la siguiente manera:

$$c_{h,j} p_{h,j} = \beta_{h,j} \left(Y_h - \sum_{j'=j} \gamma_{h,j'} p_{h,j'} \right) + \gamma_{h,j} p_{h,j} \quad (3)$$

$$\begin{cases}
 0 < \beta_{h,j} < 1 \\
 \sum_j \beta_{h,j} = 1 \\
 \gamma_{h,j} < c_{h,j}
 \end{cases} \quad (4)$$

Donde:

\mathbf{p} = vector (n x 1) de los precios de los bienes.

c = vector ($n \times 1$) de la cantidad consumida de bienes,

Y = ingreso total del hogar agrícola (es decir, ingreso esperado de hogar agrícola (R) más el valor de dotación de la tierra del hogar),

γ = consumo no compresible (interpretado como mínimo de subsistencia o cantidades «comprometidas» por debajo de las cuales el consumo no puede caer).

β = asignación presupuestaria ($\delta p c / \delta R$).

$$\sum_{j'=j} \gamma_{h,j'} p_{h,j'} = \text{gasto de subsistencia}$$

$Y_h - \sum_{j'=j} \gamma_{h,j'} p_{h,j'} =$ ingresos «no comprometidos» o «supernumerarios» que se gastan en proporciones fijas β entre los productos básicos.

Para determinar los parámetros γ y β de las ecuaciones 3 y 4, el modelo usa el método *Generalized Maximum Entropy* (GME) el cual se basa en la solución del siguiente problema:

$$\begin{aligned} \text{Max} H(w, w', w'') = & - \sum_{h,j,k} w_{h,j,k} \ln w_{h,j,k} - \sum_{h,j,k'} w'_{h,j,k'} \ln w_{h,j,k'} \\ & - \sum_{h,j,k''} w''_{h,j,k''} \ln w''_{h,j,k''} \end{aligned} \quad (5)$$

Sujeto a:

Restricciones de datos de consistencia

$$c_{h,j} p_{h,j} = \beta_{h,j} \left(y_h - \sum_{j'} \gamma_{h,j'} p_{h,j'} \right) + \gamma_{h,j} p_{h,j} + \mu_{h,j} \quad \forall h, j$$

$$\beta_{h,j} = \sum_k w_{h,j,k} z_{k,j} \quad \forall h, j$$

$$\gamma_{h,j} = \sum_{k'} w'_{h,j,k'} z'_{k',j} \quad \forall h, j$$

$$\mu_{h,j} = \sum_{k''} w''_{h,j,k''} z''_{k'',j} \quad \forall h, j$$

Restricción de adición y normalización

$$\sum_k w_{h,j,k} = 1 \quad \forall h, j$$

$$\sum_{k'} w'_{h,j,k'} = 1 \quad \forall h, j$$

$$\sum_{k''} w''_{h,j,k''} = 1 \quad \forall h, j$$

Restricciones contables

$$\sum_j \beta_{h,j} = 1 \quad \forall h$$

$$\gamma_{h,j} < c_{h,j} \quad \forall h, j$$

$$\sum_j \mu_{h,j} = 0 \quad \forall h$$

Condición de no negatividad

$$\beta_{h,j} > 0; \gamma_{h,j} > 0; w_{h,j,k} \geq 0; w'_{h,j,k'} \geq 0; w''_{h,j,k''} \geq 0$$

Donde:

μ = Término de error que es específico para cada bien (j) y el hogar del agricultor (h).

k, k' y k'' = son los números de puntos de soporte asociados tanto a los parámetros desconocidos como al vector de error.

z, z' y z'' = son los valores de los puntos de soporte establecidos exógenamente.

w, w' y w'' = son sus probabilidades desconocidas, respectivamente.

El principio de GME consiste en seleccionar los valores de γ, β y μ cuyas distribuciones w, w' y w'' maximizan la función H, sujetas a las restricciones de consistencia de datos; i) las restricciones de adición o normalización que garantizan que, apropiadamente, las probabilidades se sumen a uno, ii) la restricción contable, para asegurar que el gasto y el ingreso total de los hogares sean iguales (garantiza que todos los bienes agrícolas y no agrícolas se tengan en cuenta simultáneamente) y iii) la condición de no negatividad.

$$\rho_{h,m} c_{h,m} = Y_h - \sum_{j' \neq m} \gamma_{h,j'} \rho_{h,j'} \quad (6)$$

Para realizar la estimación operacional del método *Generalized Maximum Entropy* (GME) (Louhichi y Paloma 2014) fueron necesarios definir puntos de soporte para parámetros desconocidos así como para el vector del error. Para definir estos puntos de soporte, al igual que Louhichi *et al.* (2013) y Fernández *et al.* (2017), se asumió:

- Para los parámetros β de los productos agroalimentarios (Quinua-Canihua) se escogieron 11 puntos de apoyo (es decir, $K = 11$), centrados en la elasticidad del ingreso (0.429) multiplicada por la cuota media del presupuesto a nivel de distrito, asumiendo como Louhichi *et al.* (2013) y Fernández *et al.* (2017), que todos los hogares agrícolas tienen la misma elasticidad de ingreso para cada bien y el mismo parámetro Frisch (-1.061) según Seale *et al.* (2003).

Ahora bien, la elasticidad de la demanda (precio) y la del ingreso están estrechamente relacionados entre sí porque relacionan precio y producto; si el producto tiene una demanda elástica, los ingresos pueden incrementarse al disminuir los precios de ese bien. Bajo este razonamiento, se asumió para la elasticidades de ingreso de la quinua, la estimación de la elasticidad del precio de la producción de la quinua (0.429) de acuerdo al reporte Gamboa *et al.* (2017). Recientemente Gamboa *et al.* (2020) reporta las conclusiones de varios estudios que demuestran que la propia elasticidad del precio de la oferta de cultivos alimenticios básicos es positiva pero que la propia elasticidad precio de consumo de cultivos alimentos pueden ser positivos o negativos. Ellos concluyen que la estructura de los mercados en el cual operan los hogares es crucial para determinar la respuesta de los hogares a los cambios de precio.

- Para el parámetro β de los bienes adicionales «bienes de mercado», se eligieron también 11 puntos de apoyo limitados entre cero y uno, e igualmente espaciados con una distancia de 0,1 (es decir, asumimos una expectativa a priori de 0.5 porque esta categoría incorpora el gasto para todos los productos no agrícolas que fácilmente pueden representar hasta el 50 por ciento del ingreso total del hogar) (Louhichi *et al.* 2013, Fernández *et al.* 2017).

- Para el parámetro γ , se eligen 5 puntos de soporte (es decir, $k' = 5$), que oscilan entre ± 100 por ciento veces el valor medio del consumo incomprensible para cada bien (Louhichi *et al.* 2013, Fernández *et al.* 2017).

- Para el término de error μ utilizamos el supuesto común en el que tres puntos de soporte (es decir, $k'' = 3$) están definidos simétricamente alrededor de cero y limitado por la llamada «regla de tres-sigma» (Louhichi *et al.* 2013, Fernández *et al.* 2017)

Calibración del modelo

La *calibración* del modelo fue llevada a cabo según lo describe Louhichi *et al.* (2013). Este proceso refleja el grado en que el MBHA se corresponde cercanamente a la realidad. La brecha entre los resultados del modelo y las prácticas de agricultura reales dan una indicación de la habilidad del modelo de modelar.

Para ello se usó el enfoque de Programación Matemática Positiva (PMP) en tres pasos: i) se agregó un set de restricciones de calibración. Este set de restricciones vincula la producción (q) y los factores negociables alquilados (b) a sus niveles observados (q_0 y b_0) en el período del año base. Para más detalles de este procedimiento ver Louhichi *et al.* (2013)

3.4.1. Adaptación del Modelo Bioeconómico de Hogar Agrícola de Louhichi *et al.* (2013)

Para evaluar el **impacto de la agrobiodiversidad sobre la producción y seguridad alimentaria**, este estudio acogió las modificaciones realizadas por Fernández *et al.* (2017) al modelo original de Louhichi *et al.* (2013). Fernández *et al.* (2017) evaluó los potenciales efectos del cambio climático sobre dos sistemas agrícolas (de riego y secano en diversas regiones de Chile), para ello se realizaron ajustes en los parámetros de rendimiento en función a los bienes producidos a nivel de hogar agrícola, y de esta manera poder evaluar *shocks* de productividad (representados en cambios en el rendimiento) producidos por el cambio climático. Estos ajustes se muestran en las siguientes ecuaciones (7 y 8):

$$Q_{h,j} = \sum_a \sum_s \gamma_{h,a,s,j} \times X_{h,a,s} = S_{h,j} + C_{h,j}^S \quad (7)$$

Donde:

Q = Vector ($n \times 1$) de las cantidades producidas de bienes j por hogar h

Y = Vector ($n \times 1$) del rendimiento de la actividad a

X = Vector ($n \times 1$) de los niveles simulados de las actividades agrícolas a por sistema s en el hogar agrícola h .

S = Vector ($n \times 1$) de las cantidades vendidas de los bienes j .

C^S = Vector ($n \times 1$) de las cantidades auto-consumidas de los bienes j

$$\begin{aligned}
Z_h = & \sum_j (S_{h,j} + C_{h,j}^s) P_{h,j} + \sum_a \sum_s (\alpha_{h,a,s} \times (X_{h,a,s})^{\beta_{h,a,s} \times X_{h,a,s}}) \\
& - \sum_{ls} \mathit{labwage} \\
& \times \mathit{HLABOUR}_{h,ls}
\end{aligned} \tag{8}$$

Donde:

Z_h = ingreso agrícola

\mathbf{P} = vector (n x 1) de los precios de las mercancías (j) y los factores comerciáveis (tf)

\mathbf{s} = vector (n x 1) de las cantidades vendidas de mercancías

\mathbf{c}^s = vector (n x 1) de las cantidades auto-consumidas de mercancías

\mathbf{x} = vector (n x 1) de los niveles simulados de las actividades agrícolas i.

\mathbf{sb} = vector (n x 1) de los subsidios a la producción

Los ingresos agrícolas (Z_h) resultan de la suma del margen bruto agrícola menos una función no lineal (cuadrática) de actividad específica. A su vez el margen bruto es el total de los ingresos procedentes de las actividades agrícolas, incluidas las ventas y el autoconsumo, menos la cuenta de los costos variables de las actividades de producción. Las cuentas de los costos variables incluyen: costos de semillas, fertilizantes, y otros costos específicos. La función específica de la actividad cuadrática es una función conductual introducida para calibrar el modelo de la finca a una situación de año base observada, como suele hacerse en los modelos de PMP⁶.

3.4.2. Modelo conceptual que relaciona la agrobiodiversidad con rendimiento agrícola

La propuesta de este modelo conceptual tiene por finalidad construir escenarios para el MBHA, en base a la relación entre el nivel de agrobiodiversidad de cultivos menos representativos para el agricultor (ACNR) y el rendimiento del tipo de quinoa de preferencia para el agricultor por su utilidad comercial, alimenticia o ambas (QP). Para ello se adaptó el modelo conceptual de Green *et al.* (2005) que relaciona biodiversidad natural con el rendimiento, y se tuvo como referencia el estudio de Desquilbet *et al.* (2017) quien desarrolla

⁶ Programación Matemática Positiva (PMP), pretende replicar las decisiones de producción y consumo de los hogares de manera precisa, permitiendo captar los efectos de factores que no están explícitamente incluidos en el modelo como la expectativa de precios, el comportamiento adverso al riesgo, la demanda de mano de obra, las restricciones de capital y otros costos no observados (Heckeley y Britz, 2000)

este modelo en sistemas de cultivos intensivos y extensivos, basados en la distribución de las áreas de cultivo (*Land-Sharing* y *Land Sparing*). A pesar de que el modelo se enfoca en cultivos agrícolas, ACNR no sólo representa a cultivos sino también a los animales y dentro de los cultivos a la diversidad de otros tipos de quinua y cañihua.

Modelo conceptual de relación entre la agrobiodiversidad (ACNR) y el rendimiento agrícola (QP)

Generalmente, las áreas de cultivo albergan menos biodiversidad que las áreas de tierras no cultivadas, especialmente aquellas de interés para la conservación; sin embargo, los sistemas agrícolas o agroecosistemas pueden conservar una agrobiodiversidad de gran valor cultural, social y porque no económico; como es el caso de la quinua, la cañihua entre otros.

En este sentido, los hogares agrícolas se enfrentan constantemente, a la elección entre contar con un área mayor de tierras agrícolas con un tipo de “quinua de preferencia” (que es el que demande el mercado o es relevante para el autoconsumo) que se caracteriza por tener un alto rendimiento, y el resto de la agrobiodiversidad menos representativa para el agricultor (entre las que se encuentra otros tipos de cañihua, quinua y otros componentes de la agrobiodiversidad) con menos rendimiento.

En base al modelo conceptual de biodiversidad de Green *et al.* (2005) este estudio relaciona las categorías de agrobiodiversidad de cultivos menos representativos para la finca y el rendimiento por unidad de área de tierra cultivada de la “quinua de preferencia” (QP). El modelo consta de un área con una parte cultivada con el tipo QP por el agricultor dada su importancia comercial o alimentaria (autoconsumo) y una parte cultivada con otros tipos de quinua o cañihua. Esta área es uniforme en su idoneidad potencial tanto para uno como para el otro. El rendimiento del tipo QP, se escala en relación con el máximo alcanzable en el área, suponiendo que el nivel de producción objetivo agrícola α es fijo. El escalamiento se realiza en términos de la proporción del área necesaria para alcanzar el rendimiento máximo (es decir, en $y = 1$). El rendimiento mínimo que aún puede producir la producción objetivo es $y = \alpha$ (porque toda el área debe cultivarse con QP para alcanzar el rendimiento deseado), y el rendimiento permitido se encuentra en el rango $\alpha \leq y \leq 1$. Para un rendimiento dado y , dentro de este rango, se supone se encuentra la producción objetivo de modo que la

proporción del área que se cultiva con el producto agrícola QP es α/y y la proporción del área que se cultiva con los otros componentes de la agrobiodiversidad es $1 - (\alpha/y)$.

Para ver cómo el rendimiento de QP afecta los otros tipos de cultivos menos representativos (ACNR) se considera la función agrobiodiversidad-rendimiento, en la cual la ACNR está en función del rendimiento $f(y)$ y es escalada a 1 cuando el área total se cultiva por el tipo QP. $f(0)=1$. En la Figura 6 se presenta un resumen del modelo que relaciona la agrobiodiversidad de los cultivos menos representativos dentro de la finca con el rendimiento agrícola de QP.

En la columna (A), el área de cultivo agrícola, que se muestra como un mapa (1), se compone de tierras con el tipo QP (amarillo) y la agrobiodiversidad de otros cultivos menos representativos ACNR (verdes). Suponiendo que la producción agrícola objetivo del tipo de QP es $\alpha=0.2$; este podría lograrse mediante la agricultura de mayor rendimiento en el 20 por ciento del área de tierra ($y =1$, paneles izquierdos) o cultivarse en toda el área con el rendimiento más bajo posible ($y= 0.2$, paneles derechos). Esto sucede cuando los cultivos exhiben una función cóncava de conservación de ACNR. El rendimiento de la QP, se encuentra representado por la estrella en la curva; con un menor impacto de la agrobiodiversidad cuando el rendimiento del tipo de QP se establece en 1 y un mayor impacto sobre la agrobiodiversidad cuando el rendimiento es menor (compárese las estrellas a la izquierda y paneles derechos en la Figura 6, A -2). En el segundo ejemplo (B), la situación es la misma, excepto que la relación agrobiodiversidad -rendimiento es convexa.

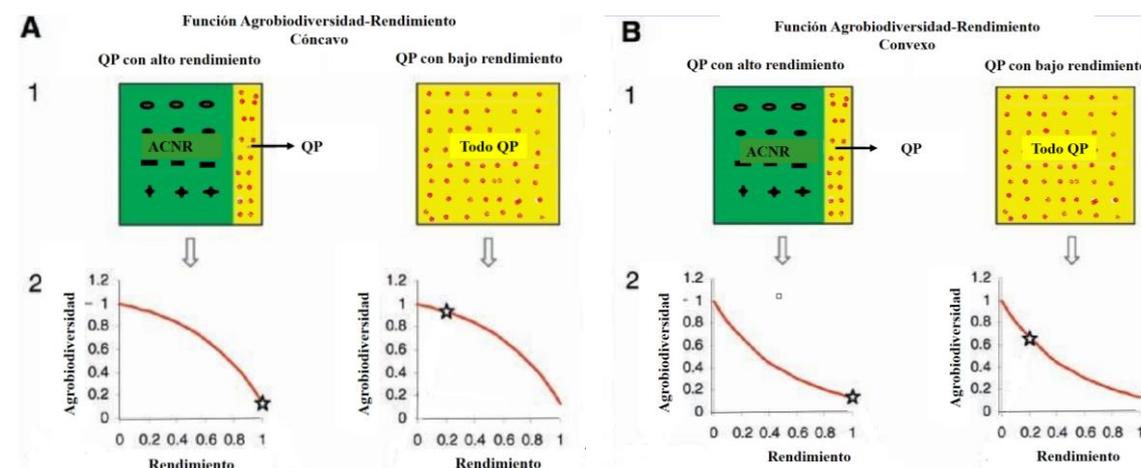


Figura 6. Descripción gráfica de la relación entre el rendimiento de la quinua de preferencia (QP) y la conservación de la agrobiodiversidad de cultivos menos representativos para el agricultor (ACNR) en una determinada área de cultivo. En A se muestra la relación ACNR – QP cóncavo y en B la relación convexa.

Fuente: Adaptación de Green et al. (2005).

Siendo así, Green et al. (2005) y Desquilbet *et al.* (2017) postulan que **la agrobiodiversidad por unidad de área es una función decreciente del rendimiento**, representada en la ecuación (9); y en base a la cual se determinará los niveles de agrobiodiversidad de cultivos menos representativos en la finca.

$$f(y) = 1 - y^\alpha \quad (9)$$

Donde: $\alpha \geq 0$

La ecuación (9) tiene la ventaja de la simplicidad; sin embargo, tiene tres limitaciones a saber: i) el rendimiento agrícola es independiente del nivel de agrobiodiversidad, es decir no se considera que la agrobiodiversidad puede afectar positivamente los rendimientos agrícolas por el hecho de que pueden proveer de mayor resiliencia o incrementar otros servicios ecosistémicos como la polinización, el control biológico y la fertilidad del suelo ii) El *trade off* entre la agrobiodiversidad y el rendimiento es independiente de la vía de intensificación, y iii) la agrobiodiversidad es caracterizada por un solo indicador.

3.5. APLICACIÓN DEL MODELO BIOECONÓMICO DE HOGAR AGRÍCOLA (MBHA)

El marco del MBHA de Puno-Perú, busca destacar la heterogeneidad del departamento de Puno-Perú, en términos de agrobiodiversidad y seguridad alimentaria, y sobre ellas particularizar características que nos permitan comprender mejor sus respuestas frente a cambios en los niveles de agrobiodiversidad (ACNR) producidos por *shocks* de productividad en QP. Para alcanzar este fin nos hemos basado en los modelos bioeconómicos de Louhichi *et al.* (2013), Fernández *et al.* (2017) y el modelo conceptual de relación entre la agrobiodiversidad y el rendimiento agrícola que propone este estudio (Figura 6).

El MBHA es un modelo de programación matemática no lineal y optimización estática; que fue resuelto con el software GAMS (*Sistema General de Modelado Algebraico*), el mismo que está diseñado para solucionar, entre otros, problemas de optimización y programación matemática complejos, el *solver* utilizado fue CONOPT. El MBHA fue adaptado a las características socioeconómicas propias de los agricultores de quinua de Puno-Perú, como se describe a continuación;

3.5.1. Base de datos

Los tipos de hogar agrícola en función a la agrobiodiversidad y seguridad alimentaria, obtenidos previamente, fueron usados; el primero para definir a los tipos de hogar con diferentes niveles de agrobiodiversidad (H) y el segundo para ubicar el H con el grado de seguridad alimentaria (HSA). Los datos de los 461 encuestados, se agruparon en función a estas dos características, para ser resueltas en base a una función objetivo común; que se basa en la estructura de utilidad general de los hogares agrícolas y en las limitaciones técnicas de producción de la finca (Ecuación (1)), donde la suma ponderada de los ingresos esperados de los hogares agrícolas representa la función objetivo, que está sujeta a recursos (equipamiento, tierra y mano de obra), consumo y restricciones de efectivo.

Entre los **Recursos del hogar agrícola**, se incluye las tierras agrícolas (ha.) disponibles para cada nivel de agrobiodiversidad y seguridad alimentaria; así también, la mano de obra familiar disponible, el equipo maquinaria disponible (alquiler). Estos datos se usan en el

modelo para la definición del valor del lado derecho de las restricciones (RHS) y para los procesos de calibración.

Para determinar los **coeficientes de insumo-producto** se identificaron las actividades actuales de los cultivos y la cuantificación de sus coeficientes de producción de insumos, como el rendimiento (promedio y variabilidad), el uso de insumos (por ejemplo, semillas, fertilizantes, requerimiento de mano de obra, etc.), precios de mercado y costos variables. Estos datos se recolectaron para el cultivo de quinua en cada finca encuestada, teniendo en cuenta los diferentes tipos de prácticas agrícolas (arado, rastra, surcado, nivelado, alquiler de maquinaria etc.).

Los **datos externos al hogar agrícola** incluyeron datos sobre ingresos no agrícolas, tales como; el acceso al mercado (distancia al mercado) y datos sobre políticas (subvenciones). Estos datos se utilizan para calcular los ingresos de los hogares agrícolas, establecer la banda de precios.

En relación a las **actividades agrícolas**, según Janssen & van Ittersum (2007), estas pueden ser modeladas, cuantificadas o generadas en diferentes niveles jerárquicos -por ejemplo, a nivel de unidad de cultivo/ganado, rotación/ rebaño- en función del tiempo, etc. Louhichi *et al.* (2013) y Fernández *et al.* (2017) consideraron cultivos agrícolas como actividades. Sin embargo, bajo los antecedentes descritos, este estudio, que se enfoca en la agrobiodiversidad de los granos andinos (quinua y cañihua), consideró crear una nueva variable “tipos de finca”, las mismas que se determinaron en función al número de tipos de la Quinua (Q) y número de tipos de Cañihua (C) presentes en la finca encuestada en el departamento de Puno-Perú. El número de tipos de Quinua alcanzaron a ser diez y el de cañihua cinco, estos números fueron divididos en terciles y combinados a fin de formar los tipos de finca, como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Descripción de los tipos de finca en función al número de tipos de quinua y cañihua.

Item	N° tipos de Quinua	N° tipos de Cañihua	Tipos de finca	
1	Hasta tres tipos	Un tipo	VarQ1C1	Baja_Quinua_Baja_Cañihua
2	Entre cuatro a siete tipos	Entre dos a tres tipos	VarQ2C1	Medio_Quinua_Baja_Cañihua
			VarQ3C1	
3	Entre ocho a diez tipos	Más de tres tipos	VarQ1C2	Baja_Quinua_Medio_Cañihua
			VarQ2C2	Medio_Quinua_Medio_Cañihua
			VarQ3C2	
			VarQ1C3	Baja_Quinua_Alta_Cañihua
			VarQ2C3	
			VarQ3C3	Alta_Quinua_Alta_Cañihua

VarQxCy: Simboliza la variación o tipos de finca en función al número de tipos de quinua y cañihua. Resultan de la combinación de terciles de la quinua y cañihua. Los tipos de fincas que se resaltan representan las fincas que se encuentran en el departamento de Puno.

En el caso de los **sistemas de cultivo**, el modelo de Louhichi *et al.* (2013), no es un modelo especializado; por lo tanto, es aplicable a cualquier sistema de hogar agrícola. Fernández *et al.* (2017) definieron los sistemas en base a la irrigación, mientras que Louhichi & Gomez y Paloma (2014) lo hicieron en base a sistemas de producción agrícola basadas en el arroz. Este estudio consideró como sistemas, las prácticas agrícolas intensivas y extensivas. Estas fueron diferenciadas entre sí por el grado de inversión que realiza el agricultor en insumos tales como fertilizantes, pesticidas, antibióticos, entre otros. Para la población de estudio, el gasto promedio en insumos a nivel departamental alcanzó los 505 soles; sin embargo, el 72 por ciento de ellos estuvo por debajo de este valor, mientras que el 28 por ciento lo superó. En base a esta característica, se determinó como umbral de diferenciación entre las prácticas de cultivo intensivo y extensivo el valor de 400 soles.

Finalmente, **los precios de mercado**, en concordancia con el modelo de Louhichi *et al.* (2013), fueron fijados de forma exógena motivo por el cual, se complementó la base de datos obtenida a través de las encuestas, con una base de datos 2017-2018 solicitada al Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) del Perú (precios de quinua en chacra por distrito). Mientras que para el cálculo de las elasticidades se usó el Boletín Estadístico- Medios de producción agropecuario 2016 (Sistema Integrado de Estadística Agraria 2016) (precios de la quinua en el mercado).

3.5.2. Escenarios de agrobiodiversidad

Como se describió previamente, el impacto de los niveles de conservación de la agrobiodiversidad de cultivos menos representativos en la finca (ACNR) está vinculada a el nivel de la producción de QP; por lo tanto, las variaciones en cualquiera de los dos impactan la seguridad alimentaria local y global.

Con esta finalidad, primero se utilizó la estructura del modelo bioeconómico de hogar agrícola de Louhichi *et al.* (2013); que ofrece la posibilidad de construir un escenario de línea de base específico para ser usado como referencia para la interpretación y el análisis de diferentes escenarios conocidos como "punto de referencia" o de "no intervención"; sobre los que se pueden hacer proyecciones. Luego, se simularon *shocks* de productividad (rendimiento) basándonos en la propuesta del modelo de Fernández *et al.* (2017), dado que los cambios que se perciben en esta variable directamente afectan los niveles de agrobiodiversidad y el ingreso agrícola.

Para vincular los rendimientos (*shocks* de productividad) con la agrobiodiversidad se construyeron escenarios de niveles de agrobiodiversidad, basándonos para ello en el modelo conceptual de la Figura 6, y a los valores α descritos por Desquilbet *et al.* (2017).

El primer escenario (*YdChg*): asume una disminución simple (no considera ningún nivel de agrobiodiversidad) en el rendimiento agrícola de QP, del 10 por ciento para los sistemas de cultivo intensivo y de 30 por ciento para los sistemas de cultivo extensivos producidos por cualquier tipo de factor externo, ya sea este ambiental, social o político (Tabla 13). Debe entenderse que al ser QP, el cultivo de preferencia para la venta o el autoconsumo, sus variaciones impactarán directamente el nivel de seguridad alimentaria, desde el punto de vista del acceso a través de los ingresos y la disponibilidad a través de la producción para el autoconsumo (seguridad alimentaria local) o la oferta (seguridad alimentaria global) (Tabla 18).

En los siguientes escenarios, se enfatiza en las variaciones de ACNR, ya que representa a la agrobiodiversidad en peligro latente de disminución; si bien se destacan en este grupo los subtipos de quinua (agrobiodiversidad intra-específica), debido a que la población de estudio son agricultores especializados en la producción de quinua; no se excluye otros elementos

de la agrobiodiversidad (inter-específica). En consecuencia, se busca ver cómo los niveles de agrobiodiversidad (ACNR), que se encuentran en función a los niveles de producción de QP, impactan sobre la seguridad alimentaria local y global en los indicadores antes señalados (acceso y disponibilidad alimentaria).

Los escenarios (*MinCB*) y (*MaxCB*), funcionan como controles; ya que simulan niveles de ACNR mínimas (*MinCB*) y máximas (*MaxCB*); el primero representa a un escenario de monocultivo exclusivo y el segundo a un escenario de policultivo exclusivo. En vista de que el sistema de cultivo intensivo tiende a especializarse en un solo tipo de cultivo (monocultivo); y un sistema de cultivo extensivo tiende a conservar varios tipos de cultivos (policultivos); entonces, siguiendo la lógica de Green *et al.* (2005) y Desquilbet *et al.* (2017), se asume que el rendimiento del área cultivada bajo un régimen de monocultivo es uno ($y_m = 1$) y bajo un régimen de policultivo es menor a 1 ($y_p < 1$). Por lo tanto, para poder simular *MinCB* y *MaxCB*, la ecuación (9) normalizará la agrobiodiversidad por unidad de área con monocultivo exclusivo a cero (*MinCB*) cuando $f(1)=0$ y área con policultivo exclusivo a 1 (*MaxCB*) cuando $f(0)=1$ (Tabla 13).

Cuando las fincas son de policultivo; quieren decir que albergan varios tipos de cultivos incluyendo (QP y otros cultivos). Entonces, asumimos que cuando las áreas con ACNR son mayores, el nivel de agrobiodiversidad también será más grande; para poder simular esto se construyeron relaciones de **agrobiodiversidad-rendimiento lineal, convexo y cóncavo** en función al valor del parámetro α (Tabla 13).

Tabla 13. Descripción y caracterización de los escenarios

Escenario	Efectos	Asunciones claves
<i>Yd_Chg</i>	Impacto de la disminución simple del rendimiento de QP sobre el acceso y disponibilidad alimentaria.	-10% para sistemas de producción intensiva. -30% para sistemas de producción extensiva
<i>Para simular los escenarios extremos de conservación la agrobiodiversidad de cultivos menos representativos para la finca (ACNR).</i>		
<i>MinCB</i>	Impacto de niveles mínimos de ACNR sobre el acceso y disponibilidad alimentaria.	Monocultivo exclusivo; $f(1) = 0$ Se asumió una disminución mínima en el rendimiento del modelo (-1%) para ambos sistemas de cultivos.
<i>MaxCB</i>	Impacto de niveles máximos de ACNR sobre el acceso y disponibilidad alimentaria.	Policultivo exclusivo: $f(0) = 1$ Se asumió una disminución máxima en el rendimiento del modelo (-99.99%) para ambos sistemas de cultivos.
<i>En un escenario de policultivo ACNR puede ser, lineal, cóncava o convexa en razón al valor de α (parámetro que caracteriza el grado de concavidad o convexidad de la relación agrobiodiversidad/rendimiento).</i>		
Lineal	Impacto de ACNR sobre el acceso y disponibilidad alimentaria, cuando $\alpha=1$	Lineal $f(y)=1-y$ cuando $\alpha=1$ Se asumió un valor de 1 para α
Convexa	Impacto de ACNR sobre el acceso y disponibilidad alimentaria, cuando $\alpha=0.5$	Convexa $f(y)=1-y^\alpha$, cuando $\alpha<1$ Se asumió un valor de 0.5 para α
Cóncava	Impacto de ACNR sobre el acceso y disponibilidad alimentaria, cuando $\alpha=2$	Cóncava $f(y)=1-y^\alpha$, cuando $\alpha>1$ Se asumió un valor de 2 para α

3.5.3. Limitaciones y supuestos del modelo

A pesar de ello, como cualquier otro modelo, el MBHA tiene varias limitaciones relacionadas a su estructura, a las asunciones y otras que son más específicas de su aplicación en la población de estudio, las cuales pueden ser mejoradas en futuros estudios.

Con respecto a la estructura y asunciones del modelo;

- No se consideran las imperfecciones del mercado (mano de obra, tierra y capital), las cuales son frecuentes de países en desarrollo como el Perú.
- Sólo se consideran las imperfecciones de los bienes.
- Se escoge arbitrariamente el sistema de gasto lineal en vez de la función Translog.

- Limitaciones en el rendimiento de pronóstico del modelo, debido a la falta de disponibilidad de datos, como las elasticidades de la oferta.
- El modelo conceptual de biodiversidad que se propone es simple.
- Dificultades para evaluar los resultados de forma cuantitativa y más objetiva.

Con respecto a la aplicación del MBHA en este estudio;

- No se evalúa explícitamente la aversión del riesgo de los agricultores. El factor de riesgo clave que puede afectar el comportamiento de los agricultores, principalmente en los países en desarrollo.
- Se supone que las intensidades de producción (tecnologías) y el precio son constantes entre la línea de base y los escenarios de referencia.
- No es posible distinguir los elementos que componen a ACNR.
- El rendimiento agrícola es independiente del nivel de biodiversidad, es decir no se considera que la agrobiodiversidad puede afectar positivamente los rendimientos agrícolas por el hecho de que pueden proveer de mayor resiliencia o incrementar otros servicios ecosistémicos como la polinización, el control biológico y la fertilidad del suelo
- El *trade off* entre la biodiversidad y el rendimiento es independiente de la vía de intensificación,
- La biodiversidad es caracterizada por un solo indicador.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MUESTRA DE LOS HOGARES AGRÍCOLAS, PRODUCTORAS DE QUINUA, DE PUNO-PERÚ

El análisis descriptivo de la base de datos muestra que el rango de edad de los jefes de hogar se encuentra entre los 15 a 60 años. El consumo, en general, depende mucho de los cereales (arroz, quinua), tubérculos (papa), carnes, leche y algunos productos derivados como el “Chuño” y el “queso”, y otras (harinas); por lo que podríamos asumir que la energía consumida podría ser suficiente (Tabla 14).

Tabla 14. Preparaciones más comunes en el día, de los productores de quinua del departamento de Puno.

Desayuno	Fiambre-Almuerzos	Comida – Cena
1. Sopa de quinua	1. Chairó	1. Avena con pan
2. Sopa de chuño	2. Fiambre (chuño, papa y queso).	2. Sopa de arroz
3. Mazamorra de quinua	3. Sopa de sémola y estofado de res	3. Torta y mate
4. Pesque con leche	4. Sopa de morón y guiso de quinua	4. Leche con pan
5. Caldo de fideos	5. Sopa de fideos y pescado con chuño	5. Quispino y mate
6. Avena con leche y pan	6. Sopa de morón y guiso de carne con papa	6. Caldo de sémola
7. Mate con pan	7. Sopa de trigo y saltado de res	7. Sopa chuño
8. Sopa de cordero	8. Sopa de fideo y quinua chaufa	8. Mazamorra de quinua.

En relación con las variables que miden el estado nutricional en esta población, se observa que la Adecuación de Energía (AE) tiene un resultado promedio de 86.3 por ciento lo que ingresa en la clasificación de “Deficiente”; es decir el agricultor encuestado del departamento de Puno tiene un riesgo a la desnutrición calórico/proteico; es decir, no consume la energía mínima requerida para poder llevar a cabo una buena actividad metabólica. Mientras que la Adecuación de Proteínas (AP), resultó con un promedio de 112.7 por ciento la misma que ingresa en una categoría que supera el promedio; es decir se cubren los requerimientos de proteínas en esta población. Sin embargo, de manera conjunta se puede decir, que esta población usa a las proteínas como fuente de energía en vez de usarlo para los tejidos corporales (Tabla 15 y 16).

Tabla 15. Clasificación de acuerdo con el porcentaje de adecuación calórico-proteico.

Categoría	% Adecuación calórica y proteica*	Característica
Déficit Baja adecuación o deficiente	< 90 %	Riesgo de desnutrición calórico/proteico.
Valores Normales Aceptable	90 % a 110 %	Rango saludable y de cobertura eficiente de nutrientes.
Exceso	> 110 %	Se pudiera producir problemas de sobrepeso, obesidad y enfermedades relacionadas a estas.

*=Energía ingerida/energía requerida*100

Tabla 16. Adecuación energética en la muestra de agricultores encuestados del departamento de Puno.

Variable	N°	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Edad	461	53.7	12.8	15	100
Ingesta Energética	461	2 221.2	804.7	330.6	4 820,7
Ingesta Proteica	461	64.4	25.7	7.3	176
Requerimiento Energético	461	2 597.2	279.6	2 025	2 871
Requerimiento Proteico	461	57.4	4.1	49.2	62.6
Adecuación Energética	461	86.3	31.9	11,7	170
Adecuación Proteica	461	112 681	46.1	12.8	357.5

En concordancia con lo encontrado por Pintado (2016) y Ministerio de Desarrollo e Inclusión social (MIDIS) (2012), los resultados muestran que en Puno- Perú, los productores de quinua (alimento promisorio para la seguridad alimentaria local y global) se encuentren entre los sectores de la población en donde la incidencia de deficiencias nutricionales es mayor y por ende son vulnerables con respecto a su seguridad alimentaria.

En relación al rendimiento y al número de tipos de quinua presentes en la finca encuestada; se observa que el rendimiento promedio total ($t\ ha^{-1}$) más alto se encuentra cuando la finca reporta hasta cuatro variedades o tipos de quinua (Figura 7). Aunque la perspectiva socioeconómica de los hogares agrícolas de subsistencia, no se busca obtener el máximo rendimiento de los cultivos, sino más bien asegurar sus necesidades alimentarias, tener un ingreso estable a lo largo del tiempo, que le genera más tiempo libre para incrementar sus conocimientos acerca de sus prácticas de agricultura ya que la toma de sus decisiones se guían por las percepciones sobre su ambiente (precipitaciones y fertilidad de los suelos), por

la disponibilidad y precios de los insumos, la venta del producto, la seguridad de la tenencia de tierra, entre otros (Schreinemachers 2005).

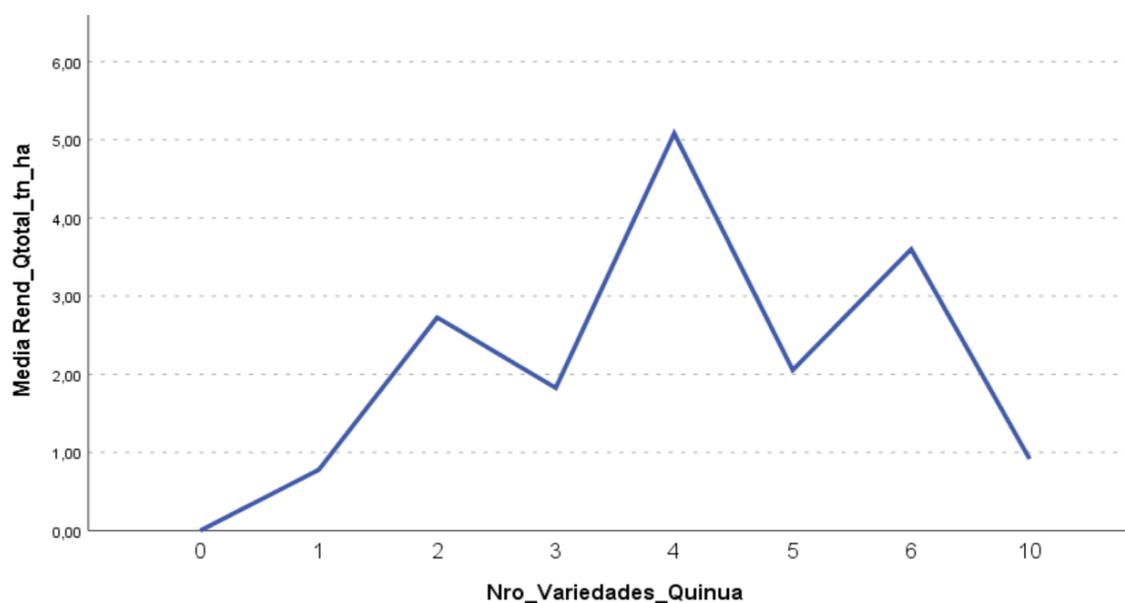


Figura 7. Número de variedades *versus* rendimiento medio de la quinua.

4.2. CONSTRUCCIÓN TIPOLÓGICA EN FUNCIÓN A INDICADORES DE AGROBIODIVERSIDAD

Tras el análisis de componentes principales (PCA), se visibilizan la formación de varios componentes, de los cuales tres cumplen con el criterio de *Kaiser* (*eigenvalues* >1) (Figura 8) y representan el 68.8 por ciento de la variabilidad.

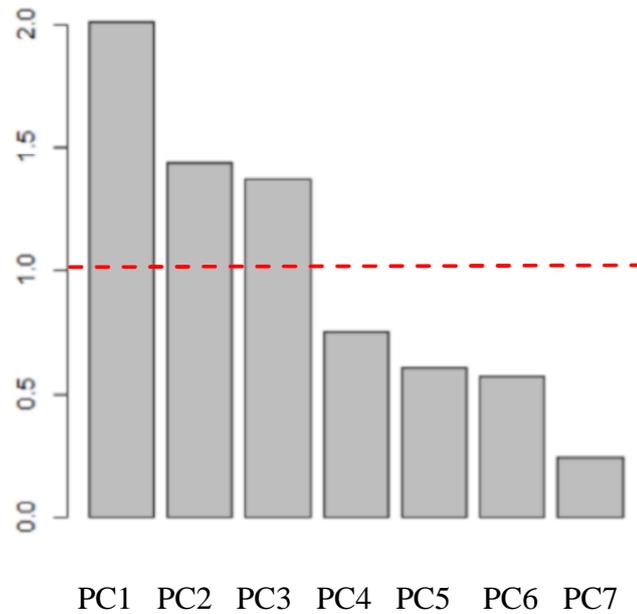


Figura 8. Gráfico de barras, que representa los valores *Eigen* por Componente Principal. PC1, PC2 y PC3 cumplen con el criterio de *Kaiser*.

PC1 y PC2, se representan en el círculo de correspondencia de la Figura 9, donde se muestra las relaciones entre las variables de agrobiodiversidad intra e inter-específicas. Se observa, que el número de tipos de quinua y número de actividades agrícolas se relacionan fuertemente, lo que era de esperarse; sin embargo, la asociación positiva entre el número de tipos de quinua con el número de tipos plagas, sorprende debido a que se postula que a mayor agrobiodiversidad existe un menor número de plagas; pero podría explicarse en el hecho de que el número de tipos de quinua describe un tipo de agrobiodiversidad intra-específica y no inter-específica. Esta deducción se respalda en la relación negativa que se muestra entre el número de tipos de plagas, con el número de tipos de cañihua; es decir que aquellas fincas que conserven ambos cultivos (quinua-cañihua) podrían tener una mejor gestión de las plagas. En concordancia con esta última declaración, se encuentra el hecho de que la relación entre el número de tipos de quinua, con el número de tipos de cañihua y el número de tipos de animales grandes no guardan relación entre sí, lo que estaría evidenciando que estas se sustituyen entre ellos dada las limitaciones del área de la finca.

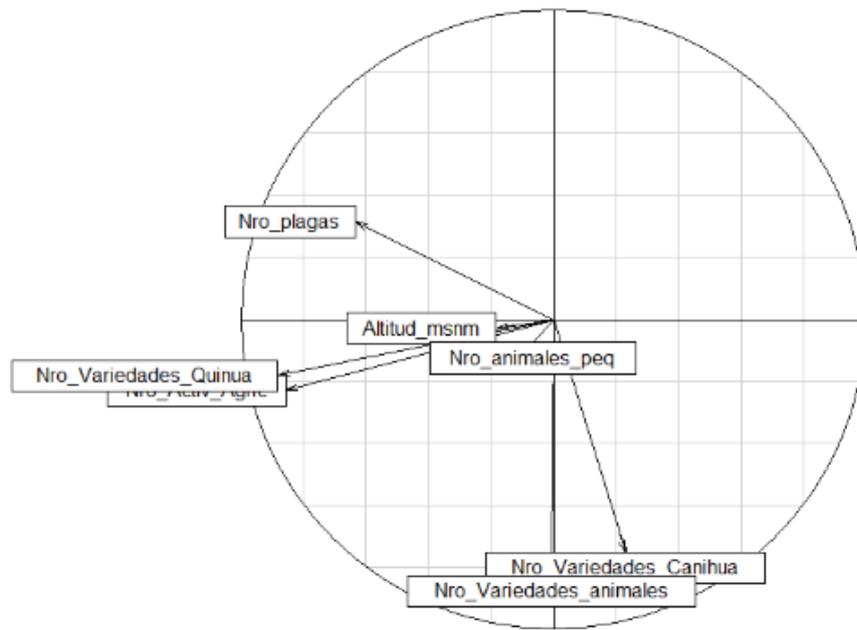
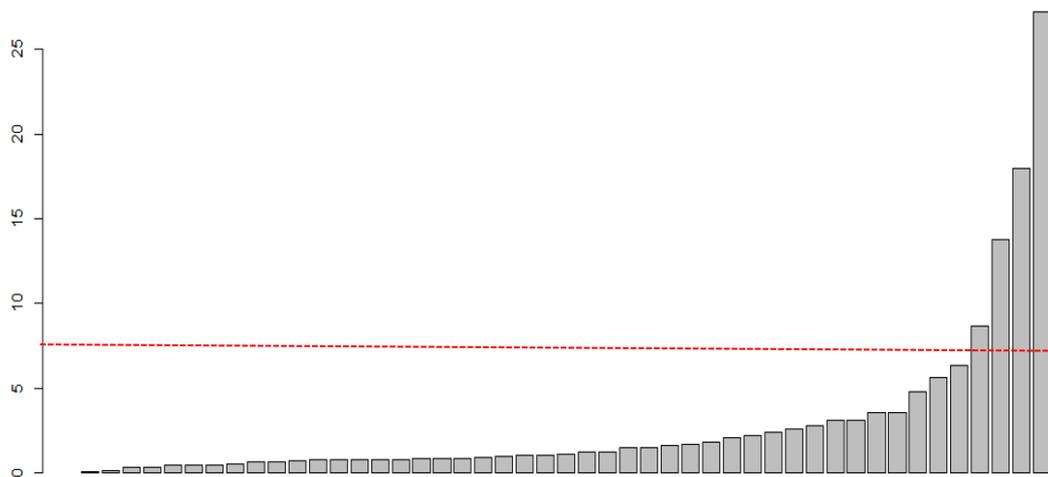


Figura 9. Círculo de correlación de variables de agrobiodiversidad intra e inter-específicos. Las flechas opuestas representan correlaciones negativas y las que tienen un mismo sentido, correlaciones positivas. El grado de correlación se define por el ángulo, si este es de 90° no existe relación entre ellas.

En la Figura 10, se muestran los resultados del análisis de clúster en el departamento de Puno-Perú. Se muestran las agrupaciones de los hogares agrícolas encuestados en razón a las variables asociadas a la agrobiodiversidad. Se presenta la formación de cuatro grupos en base a la inercia explicada (A) y a las distancias euclidianas en (B).

A



B

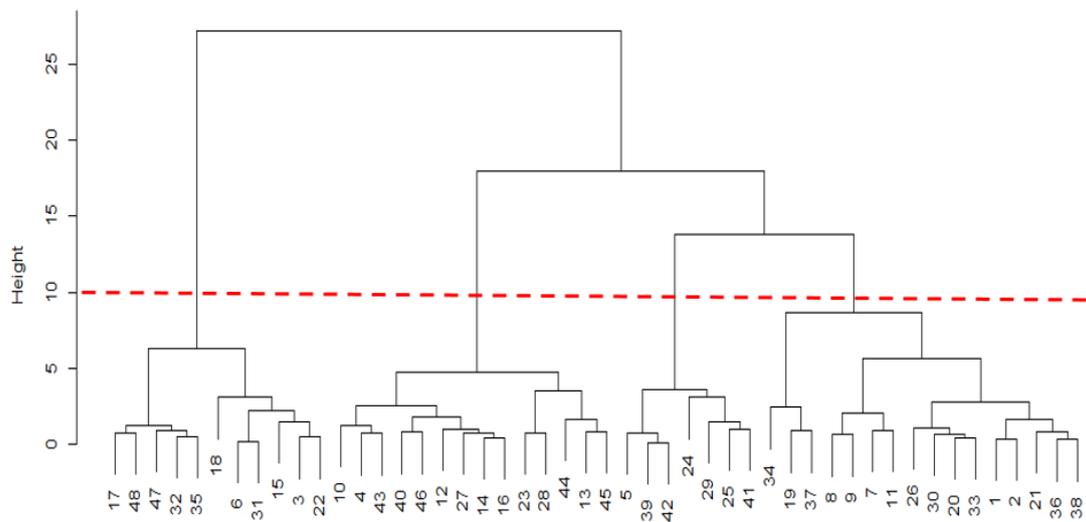
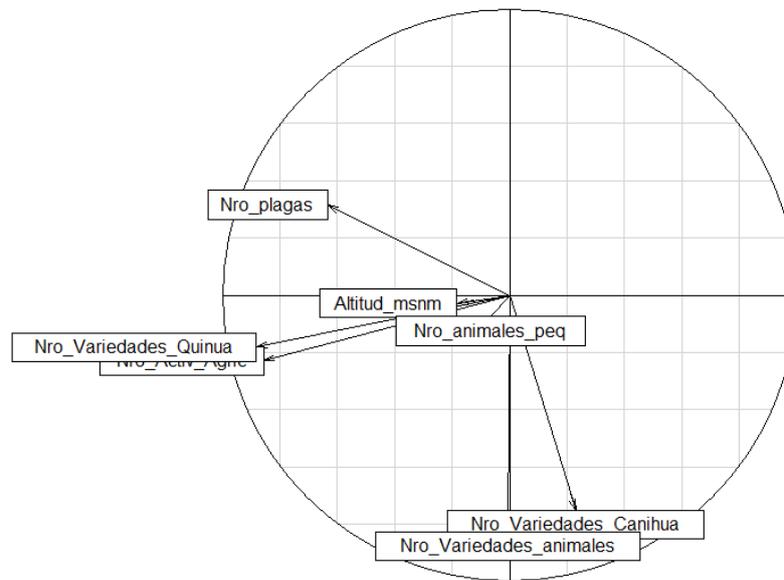


Figura 10. Análisis Clúster. A. Gráfica de barras mostrando la variabilidad (inercia explicada) por la sucesiva combinación entre los componentes. B. Dendrograma mostrando las distancias Euclidianas.

En la Figura 11, se muestra el análisis conjunto de PCA y Clúster; se observa la formación de los grupos y las variables de agrobiodiversidad-inter e intra-específicas asociadas a cada uno de ellos.

A



B

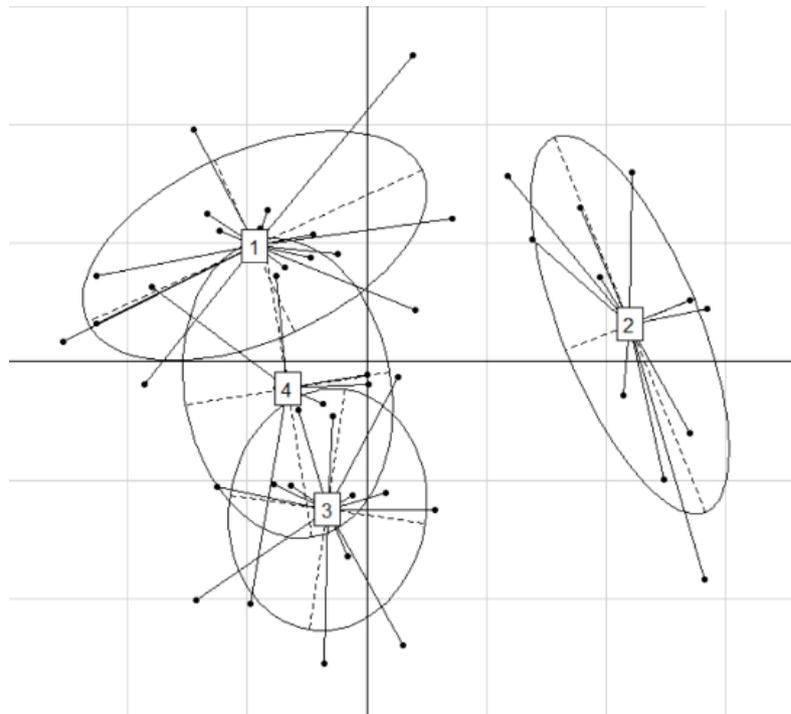


Figura 11. Resultados del Análisis de Componentes Principales y Clúster Jerárquico de una muestra representativa (n=461) de productores de quinua del departamento de Puno-Perú. Se muestra la formación de cuatro grupos o clúster.

Según Álvarez *et al.* (2014), el número de grupos, frecuentemente se encuentra en un rango de entre tres a siete con una media de cinco, este estudio reporta la formación de cuatro grupos o clúster en base a componentes de agrobiodiversidad (Tabla 17).

Tabla 17. Tipología de los hogares agrícolas en función varios componentes de agrobiodiversidad

Componentes de la Agrobiodiversidad	Agrobiodiversidad muy baja (H2)	Agrobiodiversidad baja (H3)	Agrobiodiversidad media (H1)	Agrobiodiversidad alta (H4)
	Baja inter_*baja	Alta inter_baja	Baja inter_	Alta inter_ alta
	intra**	intra	alta intra	intra
Altitud (msnm)	3881.5	3899.6	3857.7	3942.4
Nro plagas	1.2	1.4	1.7	1.8
Nro Activ_Agric	7.9	10.1	9.9	10.1
Nro Quinua	1.3	2.2	2.3	2.2
Nro Cañihua	1.5	1.7	1.3	1.5
Nro animales grandes	2.8	3.4	2.4	3.2
Nro animales pequeños	0.1	0.5	0.3	0.0

*; inter_: Agrobiodiversidad interespecífica

**; intra_: Agrobiodiversidad intraespecífica.

Son muchos los intentos por clasificar las regiones naturales en el Perú (Delgado Mamani 2005); debido a su complejidad geográfica, como las diferencias de altitud, latitud, régimen climático, exposición geográficas (Tapia 2013), y también debido a los contextos económicos, sociales y culturales. Factores que finalmente determinan el rendimiento y calidad de los cultivos. El hecho de considerar varios componentes que expliquen la agrobiodiversidad inter e intra-específica es debido a que los sistemas agrícolas, que tiene connotaciones agro-ecosistémicas buscan alcanzar sostenibilidad a través de la gestión integral del ambiente que incluye no solo al aire, tierra, agua, animales y plantas y las interacciones y flujos entre estos; sino también las interacciones de estos con sistemas no-naturales que incluyen constructos, infraestructura, sistemas económicos y sociales (Argent 2004)

Como lo muestran nuestros resultados, el análisis tipológico realizado a los hogares agrícolas visibiliza sus diferencias en términos de agrobiodiversidad inter-específica (entre diferentes especies) e intra-específica (dentro de cada especie) en la formación de cuatro grupos (Figuras 10 y 11). A diferencia de otras clasificaciones como las del Instituto Interamericano

de Cooperación para la agricultura (IICA) (2015). Por primera vez se visualiza la distribución de los niveles de agrobiodiversidad entre las provincias. las mismas que se encuentran representadas, entre otras, por la agrobiodiversidad intra-específica de la quinua y la Cañihua.

Los resultados evidencian que Chuquito presenta el nivel más bajo de agrobiodiversidad ya sea esta inter-específica como intra-específica. Mientras que la provincia de San Román comparte su territorio entre agricultores que presentan un nivel de agrobiodiversidad medio y otros con un nivel de agrobiodiversidad bajo; al igual que Lampa y Huancané. Azángaro y Melgar registran todos los niveles de agrobiodiversidad; desde el más alto hasta el más bajo; aunque la distribución de agricultores con un nivel de agrobiodiversidad alto es mayor en Melgar (50 por ciento) (Figura 12). Así también, podemos destacar que en la Provincia del Collao el 100 por ciento de los agricultores encuestados presenta un nivel medio de agrobiodiversidad.

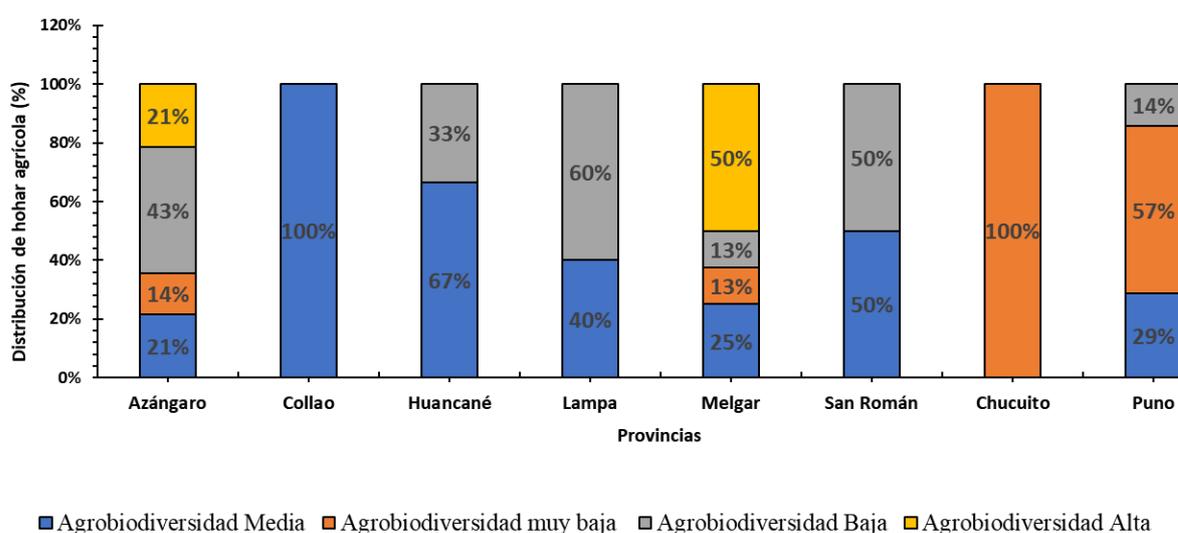


Figura 12. Distribución de los niveles de agrobiodiversidad integral dentro de cada provincia.

4.3. CONSTRUCCIÓN TIPOLOGICA EN FUNCION A INDICADORES DE SEGURIDAD ALIMENTARIA

Tras el análisis de componentes principales (PCA), se visibilizan la formación de varios componentes, de los cuales cuatro cumplen con el criterio de *Kaiser* ($eigenvalues > 1$) (Figura 8) y representan el 79.8 por ciento de la variabilidad

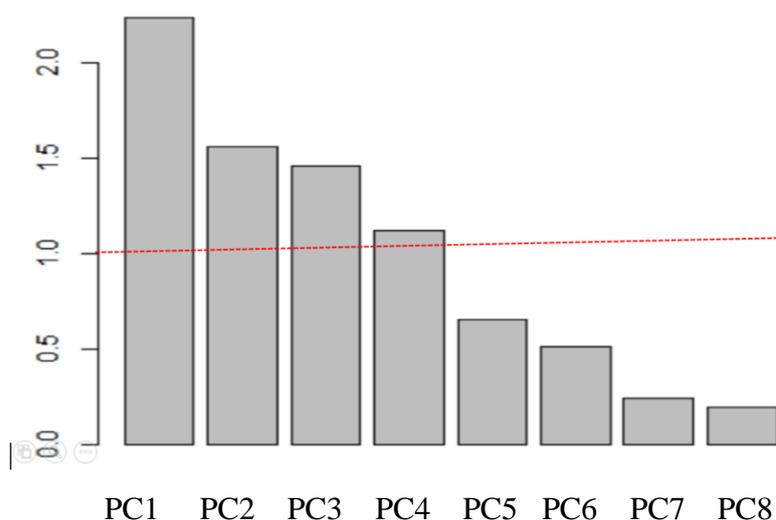


Figura 13. Gráfico de barras, que representa los valores *Eigen* por Componente Principal, PC1, PC2, PC3 y PC4 cumplen con el criterio de *Kaiser*.

PC1 y PC2, se representan en el círculo correlación de la Figura 14, donde se muestra que existe relación directa entre las variables ingreso del hogar agrícola, el acceso a agua potable, y los porcentajes de adecuación proteica y energética. Se mejora la redacción quedando de la siguiente manera. Con respecto a la Adecuación Energética esta se relaciona negativamente con la cantidad de quinua y cañihua destinadas para el autoconsumo, mientras que la Adecuación Proteica se relaciona negativamente solo con la cantidad de quinua destinada al autoconsumo, pero no guarda ninguna relación con la cantidad de cañihua destinada al autoconsumo. Asimismo, se observa una relación inversa entre el ingreso del hogar agrícola y la distancia que separa al hogar agrícola de Juliaca; es decir que el hogar agrícola que se encuentra más lejos de un punto de comercio y transacciones de mercado como (Juliaca) tenderá a contar con menores ingresos, hallazgo que se verifica con el reporte de otros estudios (Ahmed *et al.* 2003, Dia Sow 2010).

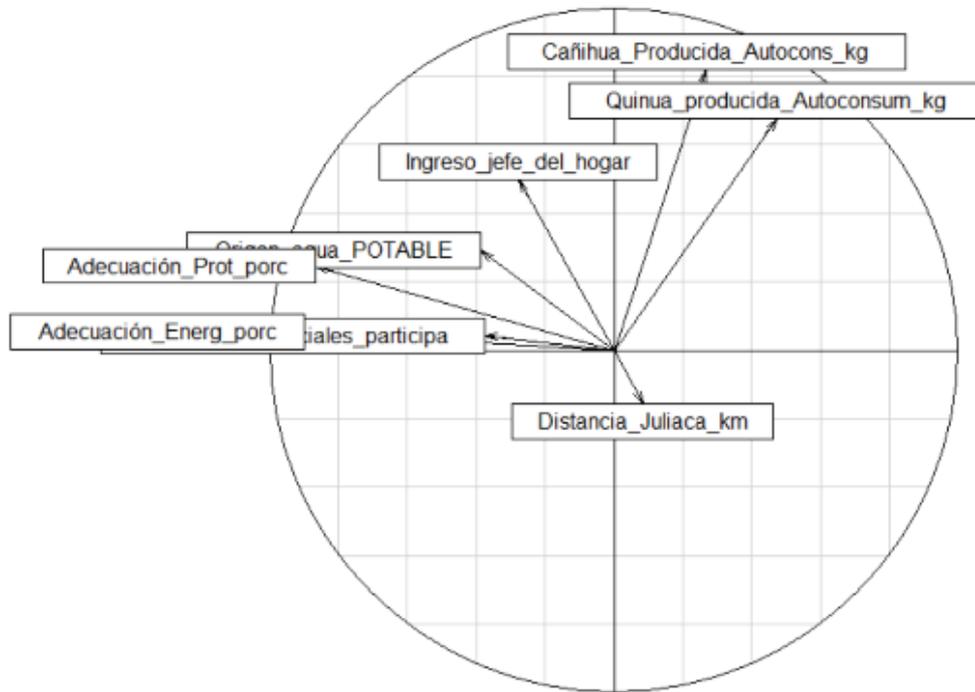


Figura 14. Círculo de correlación de variables de seguridad alimentaria. Las flechas opuestas representan correlaciones negativas y las que tienen un mismo sentido, correlaciones positivas. El grado de correlación se define por el ángulo, si este es de 90° no existe relación entre ellas.

En la Figura 15, se muestran los resultados del análisis de clúster en el departamento de Puno-Perú. Se muestran las agrupaciones de los hogares agrícolas encuestados en razón a las variables asociadas a la seguridad alimentaria. Se presenta la formación de cuatro grupos en base a la inercia explicada (A) y a las distancias euclidianas en B.

A

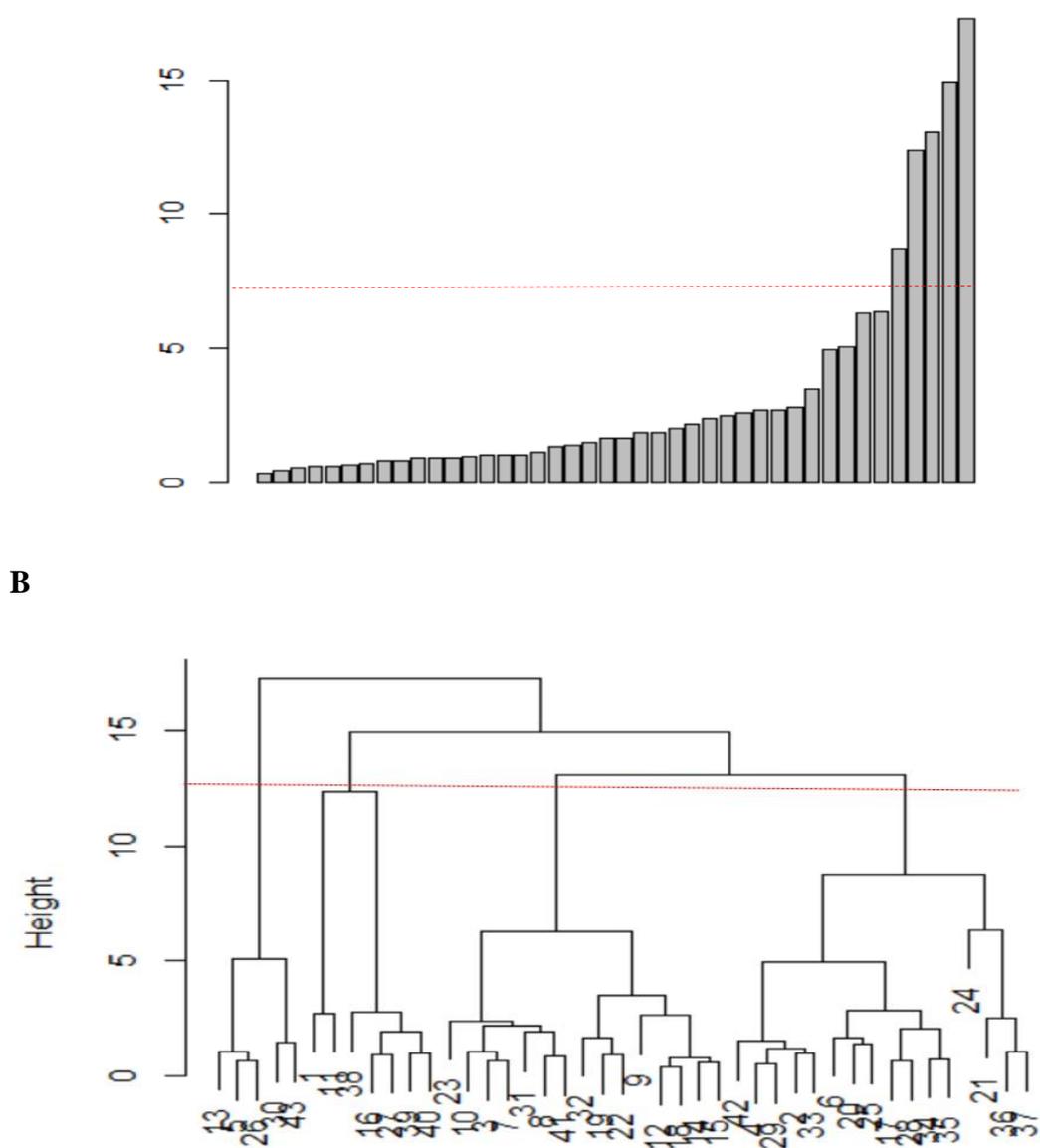
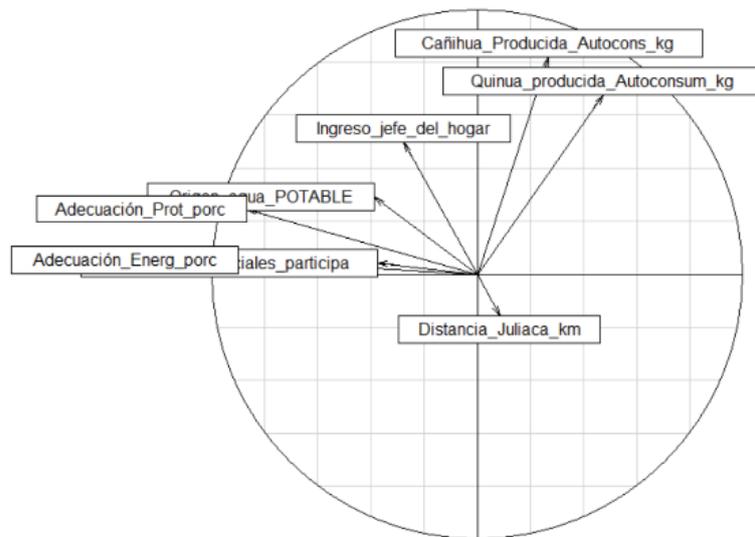


Figura 15. Análisis Clúster. A. Gráfica de barras mostrando la variabilidad (inercia explicada) por la sucesiva combinación entre los componentes. B. Dendrograma mostrando las distancias Euclidianas.

En la Figura 16, se muestra el análisis conjunto PCA y Clúster; se observa la formación de los grupos y las variables de seguridad alimentaria asociadas a cada uno de ellos.

A



B

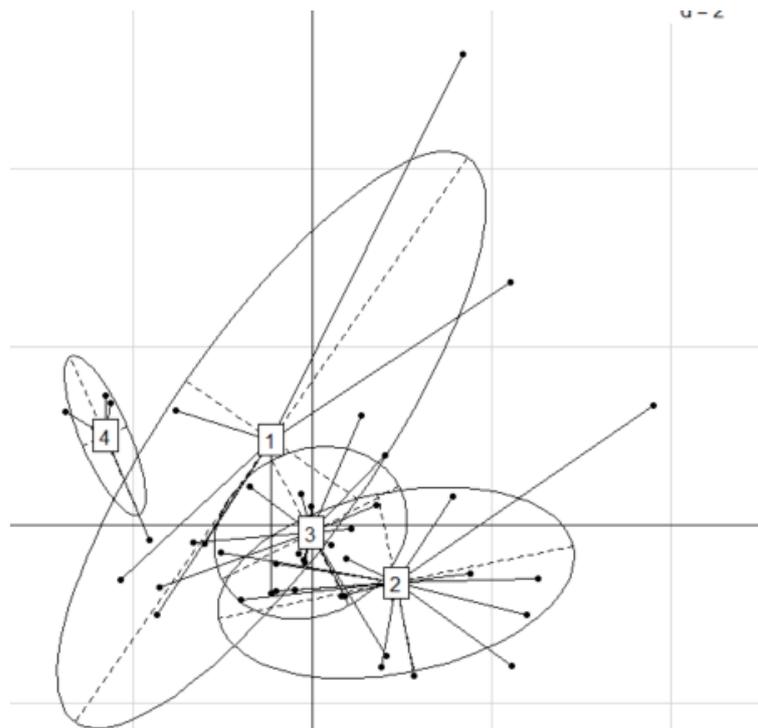


Figura 16. Resultados del Análisis de Componentes Principales y Clúster Jerárquico de una muestra representativa (n=461) de productores de quinua del departamento de Puno-Perú.

Se muestra la formación de cuatro grupos o clúster.

Estos grupos formados en razón a la disponibilidad y acceso de alimentos, y al apropiado uso y utilización de ellos; muestra que la característica más representativa para cada grupo o clúster es, en orden de importancia; el nivel de autoconsumo de quinua y cañihua, el ingreso del jefe del hogar, y el grado de participación en programas sociales; la distancia a Juliaca; el acceso al agua potable; y el porcentaje de adecuación energética y proteica, respectivamente (Tabla 18).

Tabla 18. Tipologías de hogares agrícolas en función a varios indicadores de Seguridad Alimentaria

Indicadores de Seguridad alimentaria	Seguridad alimentaria	Seguridad alimentaria	Seguridad alimentaria	Seguridad alimentaria
	muy baja (HSA4)	Baja (HSA1)	media (HSA3)	alta (HSA2)
	Bajo ingr_ * Bajo autoc**	Bajo ingr_ Alto autoc	Alto ingr_ Bajo autoc	Alto ingr_ Alto autoc
Distancia Juliaca (km)	75.1	75.9	69.7	86.1
Quinua Autocons (kg)	265.8	454.1	107	93.3
Cañihua Autocons (kg)	63.5	58.5	41.3	1404.5
Nro_progr. Sociales	0.2	0.4	0.4	0.4
Origen Agua Potable (%)	23.1	51.1	25.3	32.7
Adec_Energ (%)	54.3	85.1	83.6	98.4
Adec_Prot (%)	89	121.1	114.8	134.7
Ingreso jefe del hogar	390.3	429.9	445.5	444.3

*; ingr_: Ingreso

**; autoc: autoconsumo

Resumir la gran heterogeneidad de pequeños sistemas de agricultores en función a su seguridad alimentaria medida a través de varias variables relacionadas, es poco frecuente. Los resultados de este estudio, evidencian por primera vez una clasificación de los productores de quinua de Puno-Perú en razón a las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria, a diferencia de otros estudios, donde sólo se usa la representación típica de balances de energía y proteína para evaluar la autosuficiencia alimentaria a nivel de hogares (Van Wijk *et al.* 2014).

Este estudio, busca representar la característica multifactorial de la seguridad alimentaria a partir de la provisión de productos alimenticios y generación de ingresos económicos

complementarios y otras que se generan de la agricultura (Tapia 2013); entre ellas el cálculo de requerimiento de proteínas y energía. Para realizar estos cálculos, se realizó una descripción detallada de los alimentos que consumen los hogares agrícolas en Puno-Perú, a fin de traducir la seguridad alimentaria en seguridad nutricional, como lo describe Kapur (2015). Adicionalmente, la autosuficiencia alimentaria a través del autoconsumo de quinua y cañihua y los ingresos del jefe de hogar fueron considerados como indicadores del grado de seguridad alimentaria. Otra variable considerada, fue el acceso al agua potable, dado que junto con el consumo y una utilización adecuada de los alimentos, influye en el estado nutricional (Kapur 2015).

Como es sabido la quinua (*Chenopodium quinoa*) está dotada de múltiples características benéficas tanto para la producción como para la alimentación; motivo por el cual se la propone como un cultivo idóneo frente al Cambio Climático, y como un alimento funcional (Quétier *et al.* 2007). La tendencia por optimizar el rol de la quinua en la promoción global de la salud humana, la nutrición y otros productos derivados, está generando una serie de innovaciones tecnológicas en el procesamiento de la quinua dentro del sector de la industria los que generan a su vez, impactos sociales, económicos, ambientales y sobre el estado nutricional de los agricultores que la producen. Paralelamente, también se incrementa la demanda por información local, para guiar la interpretación de datos (Saravia Matus 2016) y la toma de decisiones en otros niveles.

Los resultados muestran la distribución de los hogares agrícolas por provincias en base a su nivel de seguridad alimentaria. Se observa que las provincias de Azángaro y Melgar concentran los hogares agrícolas con los niveles de seguridad alimentaria más baja, 17 por ciento y cincuenta por ciento respectivamente. Mientras que todos los distritos excepto San Román y Chucuito tienen hogares agrícolas con un nivel de seguridad alimentaria medio, destacándose la provincia de Puno con un 67 por ciento. La provincia de Chucuito se destacó por presentar una distribución homogénea de agricultores con niveles de agrobiodiversidad más bajos, presenta un nivel de seguridad medio (Alto ingreso_Bajo autoconsumo).

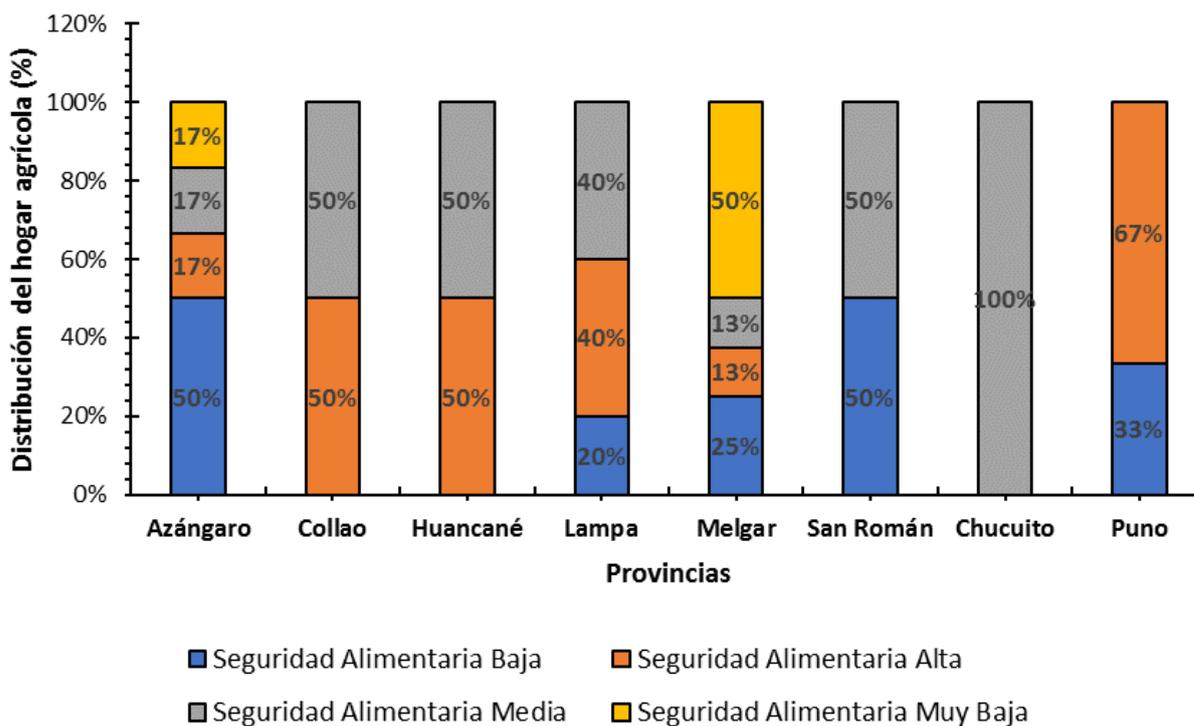


Figura 17. Distribución de niveles de seguridad alimentaria dentro de cada provincia.

4.4. DETERMINACIÓN DE GRUPOS EN FUNCIÓN A LAS TIPOLOGÍAS DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y AGROBIODIVERSIDAD, EVALUACIÓN DE LAS ASOCIACIONES ESTADÍSTICAS

Con el fin de ver cómo se asocian los grupos de hogares agrícolas, clasificados en función a la agrobiodiversidad integral y la seguridad alimentaria se aplicó un Análisis de Correspondencia Múltiple; para ello las variables fueron transformadas a variables cualitativas (Anexo 1) y procesadas con el Software SPSS V.25. Los resultados se resumen en la Tabla 19.

Tabla 19. Correlaciones entre los niveles de agrobiodiversidad y niveles de seguridad alimentaria, caracterizando a cada una de las provincias del departamento de Puno-Perú

Correlaciones		Niveles de Seguridad Alimentaria				Provincia
		Baja HSA1 Bajo ingr_ *Alto autoc**	Alta HSA2 Alto ingr_ Alto autoc	Media HSA3 Alto ingr_ Bajo autoc	Muy Baja HSA4 Bajo ingr_ Bajo autoc	
Niveles de agrobiodiversidad	Media H1	Baja inter_ +alta intra ⁺⁺				Lampa Collao
	Muy Baja H2	Baja inter_ baja intra				Chucuito Puno
	Baja H3	Alta inter_ baja intra				San Román Azángaro
	Alta H4	Alta inter_ alta intra				Huancané Melgar

*ingr_: Ingreso.

**; autoc: autoconsumo.

+; inter_: agrobiodiversidad inter-específica,

++; intra_: agrobiodiversidad intra-específica.

En la Figura 18 y Tabla 19 se muestra la formación de tres grupos; i) Las fincas con Baja agrobiodiversidad inter-específica y alta intra-específica (H1) se relaciona con los agricultores que tienen Bajo ingreso-alto autoconsumos (HSA1) y Alto ingreso-alto autoconsumo (HSA2), ii) Las fincas con Baja agrobiodiversidad inter-específica, Baja-intra-específica (H2) se relacionan con los agricultores que tienen Alto-ingreso-Bajo autoconsumo (HSA3) y iii) Las fincas con Alta agrobiodiversidad-intra-específica y Alta-intraespecífica (H4) y Alta inter-específica-Baja intra-específica (H3), se relacionan con los agricultores que tienen Bajo ingreso-Bajo autoconsumos HSA4.

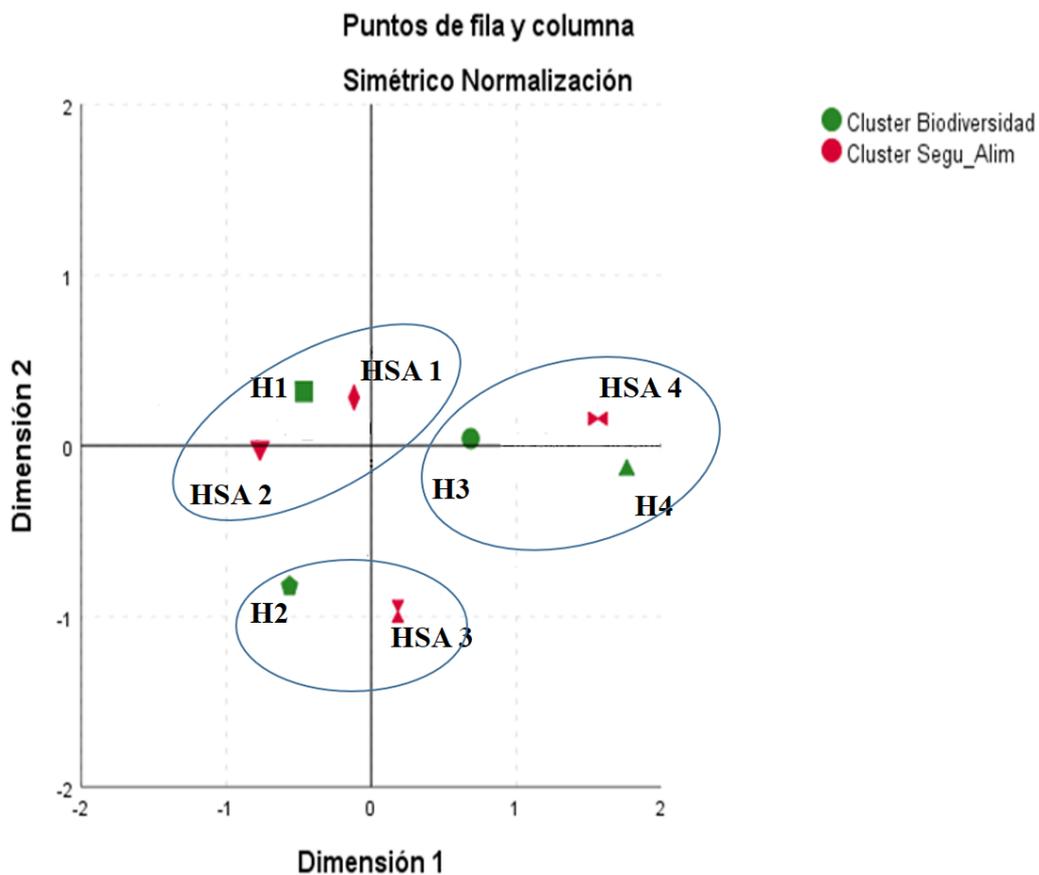


Figura 18. Representación gráfica de las correlaciones entre los niveles de agrobiodiversidad integral presente en la finca y los niveles de seguridad alimentaria global de los productores de quinua de Puno-Perú.

En la Figura 19 y Tabla 20, se muestra las correlaciones entre los niveles de agrobiodiversidad y seguridad alimentaria, esta vez en función a las provincias del departamento de Puno-Perú

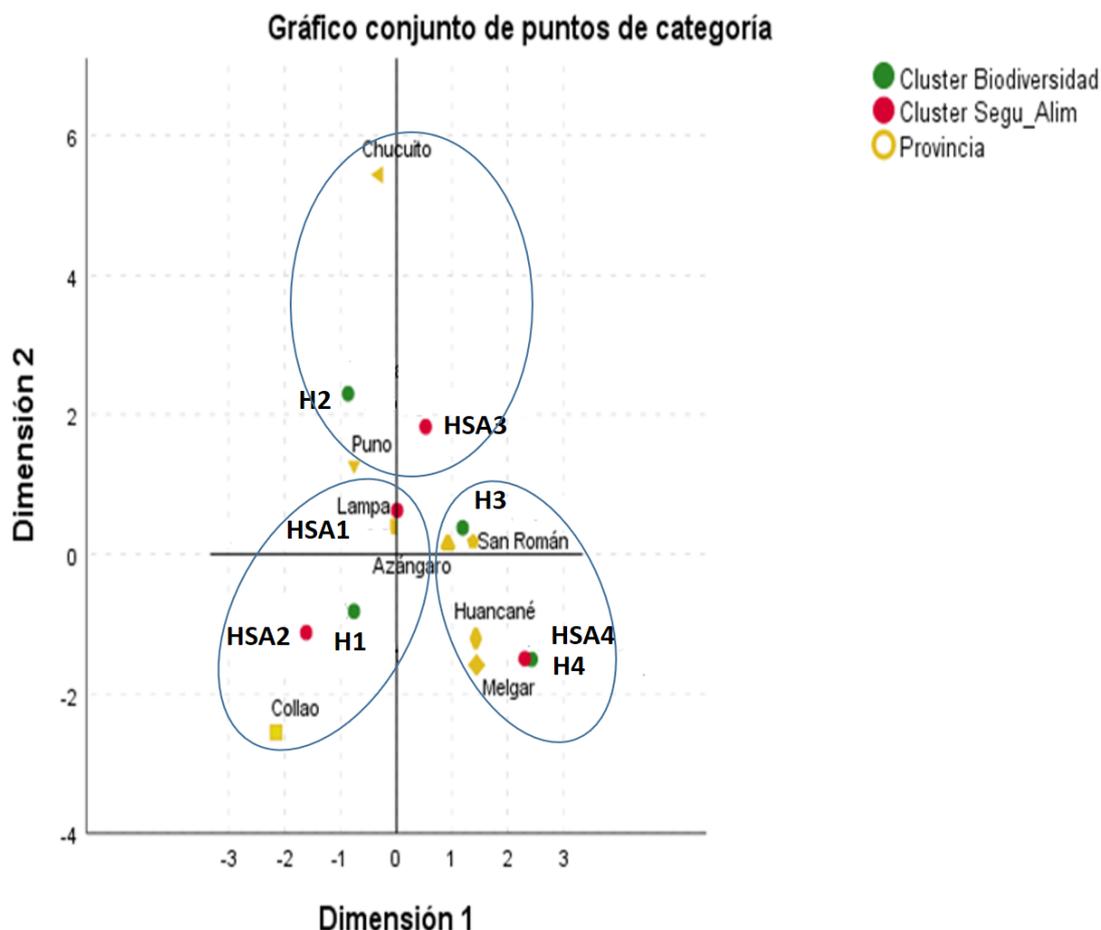


Figura 19. Representación gráfica de la distribución de las correlaciones entre los niveles de agrobiodiversidad presente en la finca, el nivel de seguridad alimentaria de los productores de quinua y las provincias del departamento de Puno-Perú.

Para determinar la significancia estadística de la asociación global entre los niveles de agrobiodiversidad presente en la finca y el grado de seguridad alimentaria; se realizó un análisis de *Chi* cuadrado, cuyo valor global fue de 143, con un valor de $p=0.000 < 0.05$ IC 95% (0.000- 0.006), por lo que se demuestra que existe una asociación estadísticamente significativa entre estas dos características para la población de hogares agrícolas analizados. El principal responsable de la significación es la categoría “Alta inter_ alta intra” (H4) y la categoría “Bajo ingreso_bajo autoconsumo” (HSA4). Seguidos por la categoría “Alta inter_baja intra” (H3) y la categoría “Bajo ingreso_ Bajo autoconsumo” (HSA4) con un valor de χ^2 de 14.1 ($p < 0.05$). Por otro lado, el análisis de *Chi* cuadrado entre las categorías de los

subgrupos, con un nivel de significancia de 0.05, muestra que existe una asociación significativa entre H1 y HSA2 con un valor de χ^2 de 22.5 ($p < 0.01$), sin embargo, no existe evidencia suficiente que justifique una asociación entre H1 y HSA1 ($\chi^2 = 2.9$, $p = 0.1$), todos los demás subgrupos asocian significativamente los niveles de agrobiodiversidad con los niveles de seguridad alimentaria (Tabla 20).

Tabla 20. Análisis de Chi-cuadrado entre los niveles de agrobiodiversidad y seguridad alimentaria.

Niveles	Chi-Cuadrado	Seguridad alimentaria				Total	Provincias
		HSA1	HSA2	HSA3	HSA4		
Agrobiodiversidad	H1	χ^2 0.9 $\chi^2=2.9$ $p=0.1^*$	9.4 $\chi^2=22.5$ $p<0.01$	5.7	10.2	26.1	Collao y Lampa
	H2	χ^2 0.8	5.2	6.2 $\chi^2=7.8$ $p=0.001$	13.9	26.1	Chuquito y Puno
	H3	χ^2 0.4	18.3	0.6	14.1 $\chi^2=20.4$ $p=0.001$	33.3	San Román, Azángaro,
	H4	χ^2 3.9	10.3	0.5	42.7 $\chi^2=54.4$ $p=0.0001$	57.4	Huancane y Melgar
Total	χ^2	6.0	43.2	12.9	80.9	143.0	

* $\alpha=0.05$, los cuadros sombreados en verde representan asociaciones estadísticamente significativas entre las respectivas categorías. En amarillo la no significancia estadística.

4.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS HOGARES AGRÍCOLAS SEGÚN LOS NIVELES DE AGROBIODIVERSIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA, Y AGROBIODIVERSIDAD DE LA QUINUA Y CAÑIHUA

Como lo muestran los resultados, el departamento de Puno-Perú, compuesto por ocho provincias productoras de quinua, cuenta con cuatro tipos de hogares agrícolas de acuerdo a su nivel de agrobiodiversidad integral intra e inter-específica (H1, H2, H3, H4); estos a su vez tienen subgrupos de productores de quinua con diferente grado de seguridad alimentaria

(HSA1, HSA2, HSA3, HSA4). Así también, cada finca se puede diferenciar entre sí en función a la agrobiodiversidad de la quinua y cañihua, (Tabla. 12), los cuales se distribuyen a nivel departamental de la siguiente manera: VarQ1C1 (25 por ciento), VarQ1C2 (25 por ciento), VarQ2C1 (25 por ciento), VarQ2C2 (13 por ciento), VarQ1C3 (6 por ciento), VarQ3C3 (6 por ciento). La distribución por el nivel de agrobiodiversidad, grado de seguridad alimentaria, tipos de finca y provincias se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Resumen las relaciones entre los niveles de agrobiodiversidad de la finca (H), el nivel de seguridad alimentaria (HSA), los tipos de finca (VarQC) y las provincias**.

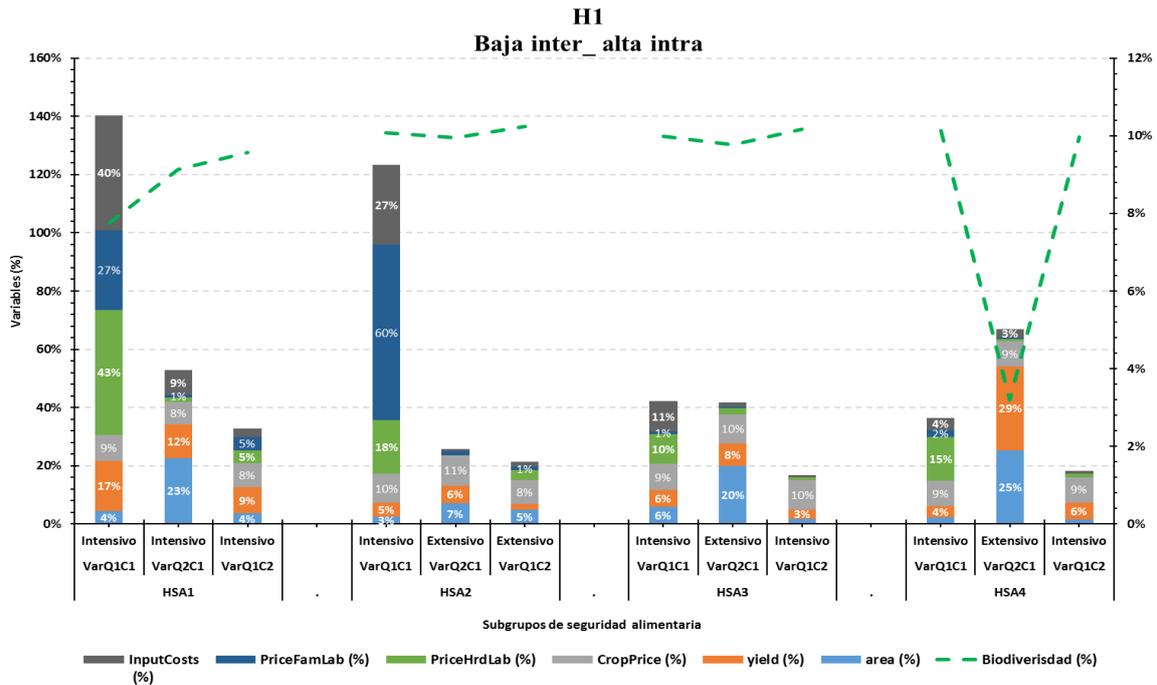
Hogares Agrícolas	%	Intensivo	Extensivo	Tipos /ha	Características	
H1	HSA1	38%	67%	33%	VarQ1C1 (3%) VarQ1C2 (2%) VarQ1C3 (5%) VarQ2C1 (15%) VarQ2C2 (15%) VarQ3C3 (5%)	LAMPA
	HSA2	19%	33%	67%	VarQ1C1 (2%) VarQ2C1 (5%) VarQ1C2 (3%)	COLLAO
	HSA3	25%	50%	50%	VarQ1C1 (4%) VarQ2C1 (13%) VarQ1C2 (1%) VarQ2C2 (10%)	
	HSA4	19%	67%	33%	VarQ1C1 (1%) VarQ2C1 (16%) VarQ1C2 (1%)	
H2	HSA1	33%	50%	50%	VarQ1C1 (19%) VarQ1C2 (23%)	
	HSA2	33%	100%	0%	VarQ1C1 (16%) VarQ1C2 (17%)	
	HSA3	33%	50%	50%	VarQ1C1 (14%) VarQ1C2 (10%)	PUNO CHUCUITO
	HSA4	0%	0%	0%	--	
H3	HSA1	25%	75%	25%	VarQ1C1 (1%) VarQ2C1 (4%) VarQ1C2 (2%) VarQ2C2 (11%)	
	HSA2	25%	25%	75%	VarQ1C1 (11%) VarQ2C1 (17%) VarQ1C2 (3%) VarQ1C3 (3%)	
	HSA3	25%	50%	50%	VarQ1C1 (2%) VarQ1C2 (4%) VarQ2C2 (13%) VarQ1C3 (6%)	
	HSA4	25%	50%	50%	VarQ1C1 (2%) VarQ2C1 (6%) VarQ1C2 (3%) VarQ2C2 (11%)	SAN ROMÁN AZÁNGARO
H4	HSA1	25%	50%	50%	VarQ1C1 (5%) VarQ1C2 (3%)	
	HSA2	0%	0%	0%	-	
	HSA3	25%	50%	50%	VarQ1C1 (6%) VarQ1C2 (31%)	
	HSA4	50%	50%	50%	VarQ1C1 (12%) VarQ2C1 (18%) VarQ1C2 (8%) VarQ2C2 (18%)	MELGAR HUANCANÉ

** Los cuadros sombreados representan asociaciones estadísticamente significativas ($\alpha=0.05$) entre los niveles de agrobiodiversidad (H) y seguridad alimentaria (HSA). H1 (medio), H2 (muy baja), H3 (baja) y H4 (alta). HSA1(baja), HSA2(alta), HSA3(media) y HSA4(muy baja).

4.5.1. Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad medio (H1)

Los tipos de hogar agrícola (H1) se asocian más, con los productores de quinua que tienen niveles de seguridad alimentaria altos (HSA2) y bajos (HSA1); este último a diferencia del primero, posee los seis tipos de finca identificados; es decir diferentes niveles de agrobiodiversidad de quinua y cañihua; distribuidos a lo largo de la provincia de Collao y Lampa (Tabla 20). Aunque estos productores presentan un alto autoconsumo, sus ingresos a diferencia de HSA2, son bajos; por lo que se puede decir que lo que producen se destina básicamente a la alimentación y aun así no logran cubrir sus necesidades básicas de alimentación.

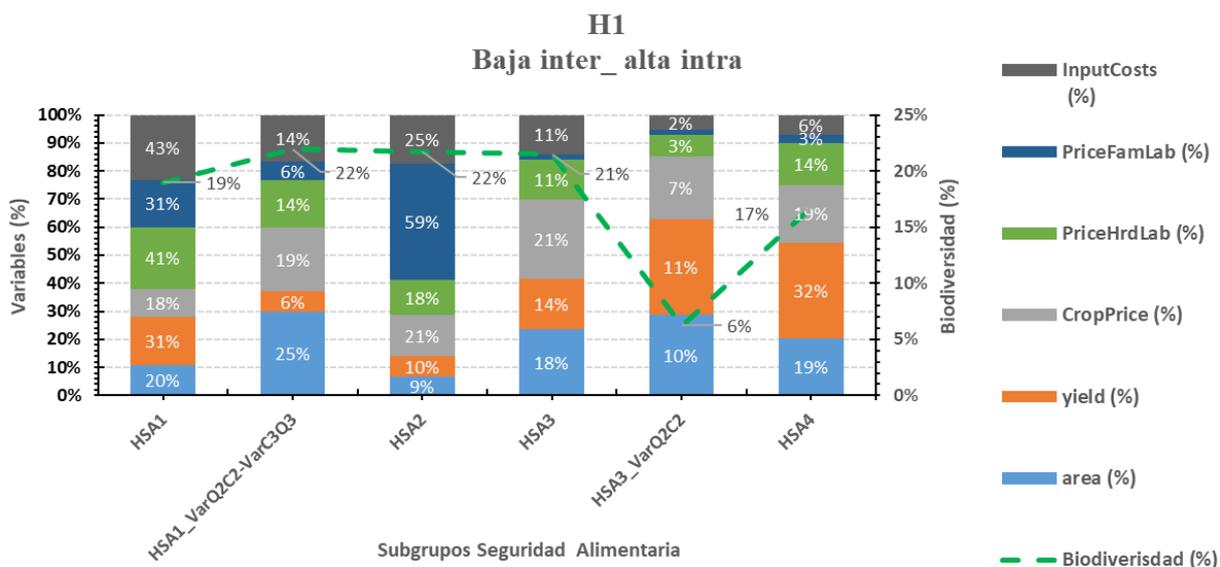
En la Figura 20, se representa la distribución porcentual de variables de interés para el sistema agrícola de tres de los seis tipos de finca (que son comunes a todos y ocupan las mayores extensiones de cultivo). Si bien HSA1 y HSA2 son las principales, también se grafican los otros grados de seguridad alimentaria. En HSA1 predominan las prácticas agrícolas intensivas mientras que en HSA2 las extensivas, en tanto que el nivel de agrobiodiversidad ACNR se reduce significativamente en la primera y se mantiene estable en la segunda (Figura 20, líneas punteadas). Sin embargo, algo que llama la atención es el nivel de ACNR que se muestra en HSA4, donde VarQ2C1, alcanza el menor valor (2.5 por ciento) versus el valor promedio del grupo (10 por ciento). En relación al precio de QP en chacra, este no difiere significativamente entre HSA1 y HSA2 (Figura 20); lo que nos lleva a pensar que los altos ingresos de HSA2 provendrían también de fuentes no agrícolas, como la turística que es característica de la provincia de Collao (Pintado 2016).



Las barras representan la distribución porcentual del área, rendimiento (*Yield*), precio del cultivo en chacra (*CropPrice*), precio de la mano de obra contratada (*PriceHrdLab*), precio de la mano de obra familiar (*PriceFamLab*), y los costos de insumos (*InputCost*). Las líneas punteadas representan niveles de agrobiodiversidad (ACNR) en función al rendimiento de QP.

Figura 20. Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad medio (H1). Se muestran los cuatro grados de seguridad alimentaria (HSA), se destacan HSA1 (Lampa) y HSA2 (Collao).

En la Figura 21, se representa la distribución de variables de interés para el sistema agrícola, considerando todos los tipos de finca y niveles de seguridad alimentaria (HSA).



Las mayores áreas de cultivo se encuentran en el subgrupo HSA1 (45%), seguido de HSA3 (28%), HSA4 (19%), HSA2 (9%). De igual manera, el rendimiento es mayor en HSA1 (37%), seguido de HSA4 (32%), HSA3 (25%) y HSA2 (10%). Con relación a la variación de los precios, este es mayor en el subgrupo HSA1 (37%), HSA3 (28%), HSA2 (21%) y HSA4 (19%). Los gastos en mano de obra contratada son mayores en HSA1 (55%), HSA2 (18%), HSA3 (14%), HSA4 (14%). El menor nivel de agrobiodiversidad es registrado en HSA3 (VarQ2C2) y HSA4.

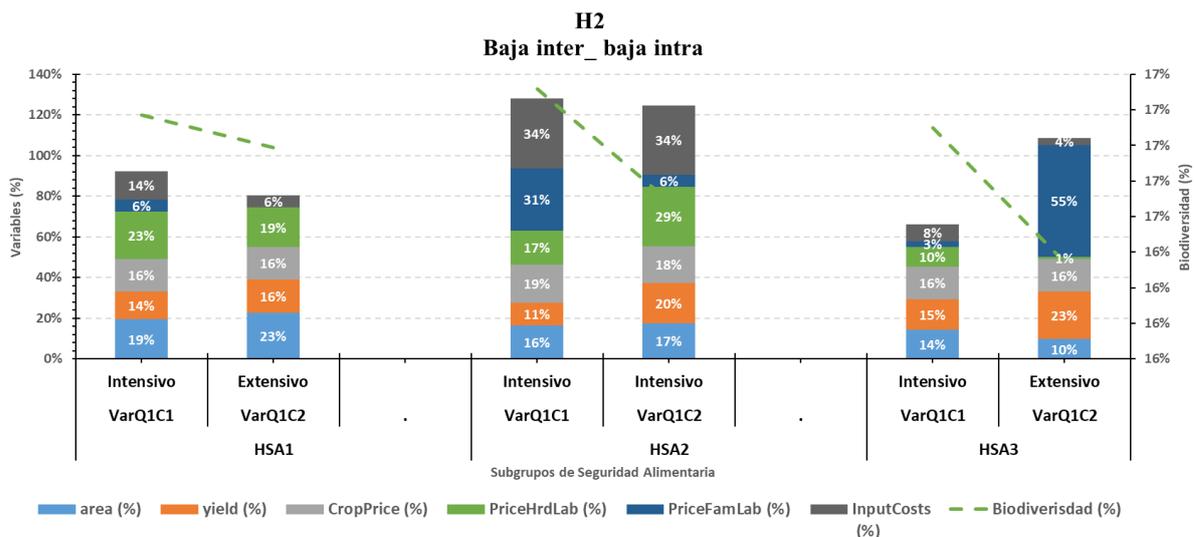
Figura 21. Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad medio (H1). Se observa el consolidado de porcentajes de los tipos de finca VarQ1C1, VarQ2C1, VarQ1C2 agrupados y los otros tipos. Se observa la distribución porcentual de las variables de interés.

4.5.2. Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad integral muy bajo (H2)

Los tipos de hogar agrícola (H2), se asocian más con los productores de quinua que tienen niveles de seguridad alimentaria intermedias (HSA3); estos, como los otros tipos de HSA se caracterizan por conservar sólo dos de los seis tipos finca (VarQ1C1, VarQ1C2) que se encuentran distribuidos a lo largo de las provincias de Puno y Chucuito, donde representan el 24 por ciento de las áreas de cultivo a nivel departamental (Tabla 21). Aunque estos agricultores presentan altos ingresos, el nivel de autoconsumo es bajo.

En la Figura 22, se representa la distribución porcentual de variables de interés para el sistema agrícola de los tipos de finca existentes en Puno y Chucuito. H2 se asocia significativamente con el nivel de seguridad medio (HSA3); aunque, para este grupo de

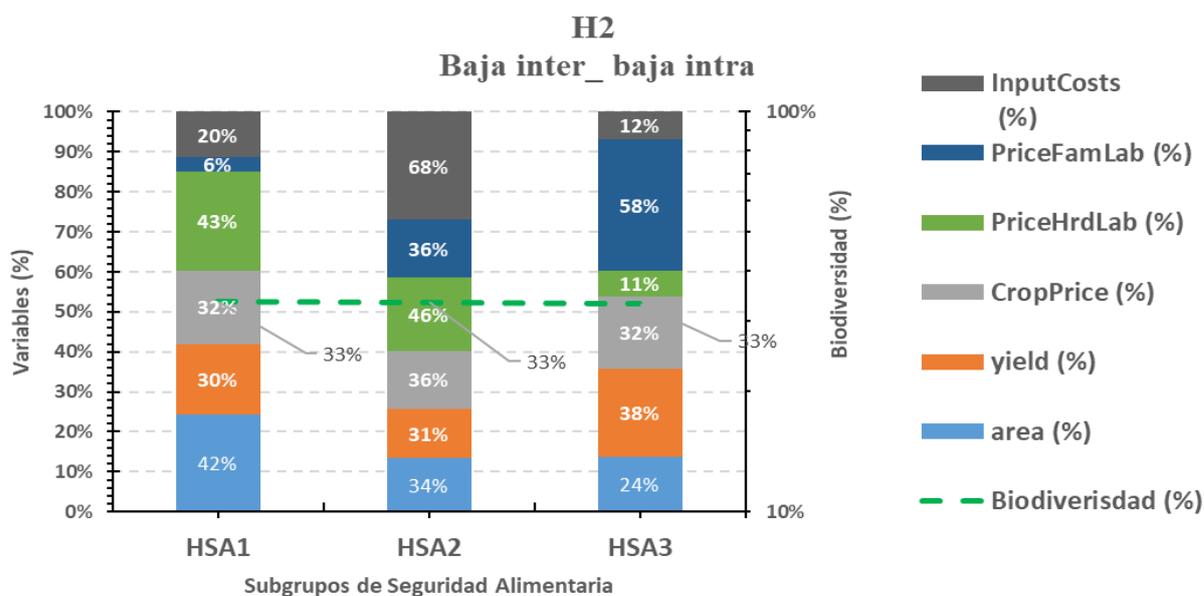
agricultores se evidencien los menores niveles de ACNR (Figura 22, líneas punteadas). Así también, en HSA3 se observa la existencia de prácticas intensivas (VarQ1C1) y extensivas (VarQ1C2) de agricultura, no obstante, en esta última se registran los menores niveles de ACNR. Con relación al precio de QP en chacra, estos se encuentran entre los más bajos dentro de H2 (Figura 22); lo que nos lleva a pensar que lo que se produce se destina a la venta para de esta manera obtener los mayores ingresos a costa de la reducción del autoconsumo. En HSA3 el tipo de finca VarQ1C2 tiene prácticas agrícolas extensivas con mayores rendimientos en menores áreas de cultivo.



Las barras representan las distribuciones porcentuales del área, rendimiento (*Yield*), precio del cultivo en chacra (*CropPrice*), precio de la mano de obra contratada (*PriceHrdLab*), precio de la mano de obra familiar (*PriceFamLab*), costos de insumos (*InputCost*). Las líneas punteadas representan niveles de agrobiodiversidad (ACNR) en función al rendimiento de QP

Figura 22. Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad muy bajo (H2). Se muestran los tres grados de seguridad alimentaria (HSA) existentes, se destaca HSA3 (Chucuito Puno).

En la Figura 23, se representa la distribución de variables de interés para el sistema agrícola, considerando todos los tipos de finca en todos los tipos de HSA



Las mayores áreas de cultivo se encuentran en el subgrupo HSA1 (42%), seguido de HSA2 (34%), HSA3 (24%). Con relación al rendimiento, este es mayor en HSA3 (38%), seguido de HSA2 (31%), HSA1 (30%). La variación de los precios es mayor en HSA2 (36%) y menor en HSA1 (32%), HSA3 (32%). Los gastos en mano de obra contratada son mayores en HSA2 (43%), HSA1 (43%), HSA3 (11%). El nivel de ACNR se mantiene estable.

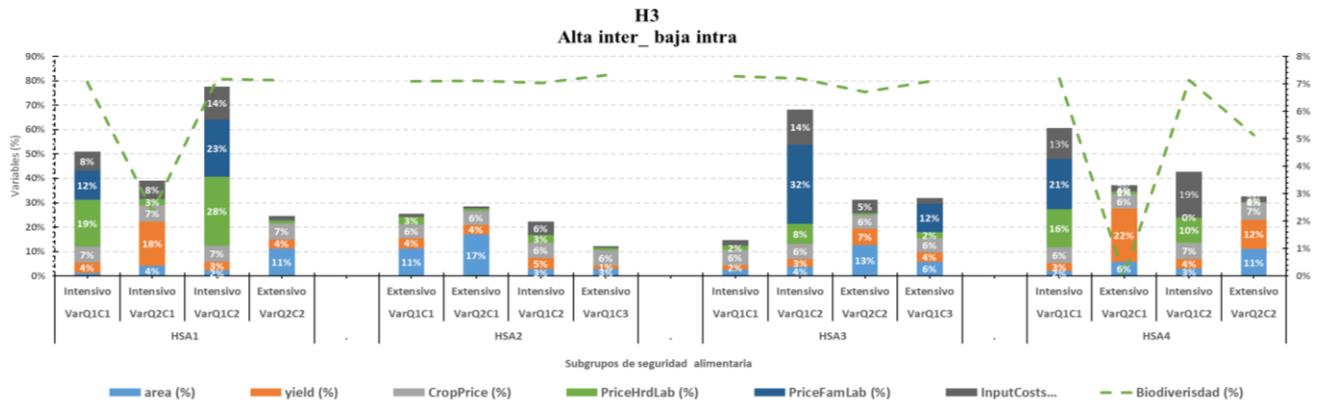
Figura 23. Hogares agrícolas con niveles de agrobiodiversidad muy bajo (H2). Se observa el consolidado de porcentajes de los tipos de finca VarQ1C1, VarQ2C1. Se observa la distribución porcentual de las variables de interés.

4.5.3. Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad bajo (H3)

Los tipos de hogar agrícola (H3) se asocian significativamente con los productores de quinua, con niveles de seguridad alimentaria más bajos (HSA4) de todo el departamento. Los agricultores de este grupo poseen cuatro de los seis tipos de finca (Tabla 21), y se encuentran distribuidos a lo largo de las provincias de San Román y Azángaro a los cuales les caracteriza los bajos ingresos y el bajo autoconsumo.

En la Figura 24, se representa la distribución porcentual de variables de interés para el sistema agrícola de los cuatro tipos de finca. En HSA4 conviven las prácticas intensivas con las extensivas, contrariamente a lo que se esperaba las prácticas extensivas registran los mayores rendimientos de QP y niveles de ACNR menores en comparación con HSA1, HSA2 y HSA3. Esta reducción de ACNR en el tipo de finca VarQ2C1 y VarQ2C2, probablemente,

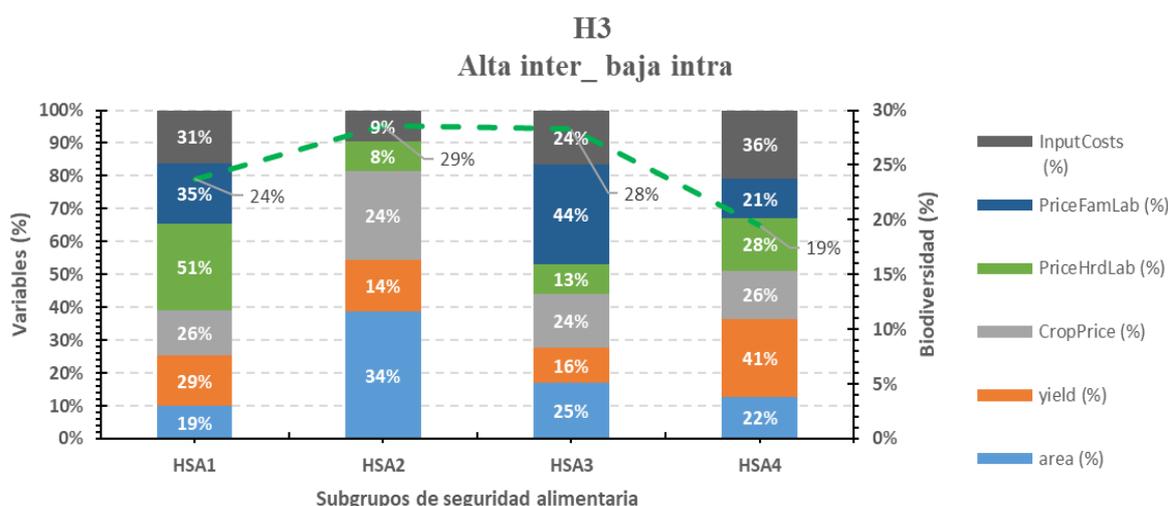
se deben a la limitante en las tierras de cultivo disponibles, aunque no se descarta que ACNR se encuentren ocupando áreas no agrícolas.



Las barras representan las distribuciones porcentuales del área, rendimiento (*Yield*), precio del cultivo en chacra (*CropPrice*), precio de la mano de obra contratada (*PriceHrdLab*), precio de la mano de obra familiar (*PriceFamLab*), costos de insumos (*InputCost*). Las líneas punteadas representan niveles de agrobiodiversidad (ACNR) en función al rendimiento de QP

Figura 24. Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad bajo (H3). Se muestran los cuatro grados de seguridad alimentaria (HSA) existentes, se destaca HSA4 (San Román, Azángaro).

En la Figura 25 se representa la distribución de variables de interés para el sistema agrícola, considerando todos los tipos de finca en todos los niveles de HSA



Las mayores áreas de cultivo se encuentran en el subgrupo HSA2 (34%), seguido de HSA3 (25%), HSA4 (22%) y HSA1 (19%). Con relación al rendimiento, este es mayor en HSA4 (41%), seguido de HSA1 (29%), HSA3 (16%) y HSA2 (14%). La variación de los precios es mayor en HSA4 y HSA1 (26%) y menor en HSA2 y HSA3 (24%). Los gastos en mano de obra contratada son mayores en HSA1 (51%), HSA4 (28%), HSA3 (13%) y HSA2(8%). El menor nivel de ACNR se observa en el subgrupo HSA4.

Figura 25. Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad bajo (H3). Se observa el consolidado de porcentajes de los tipos de fincas existentes en la zona. Se observa la distribución porcentual de las variables de interés.

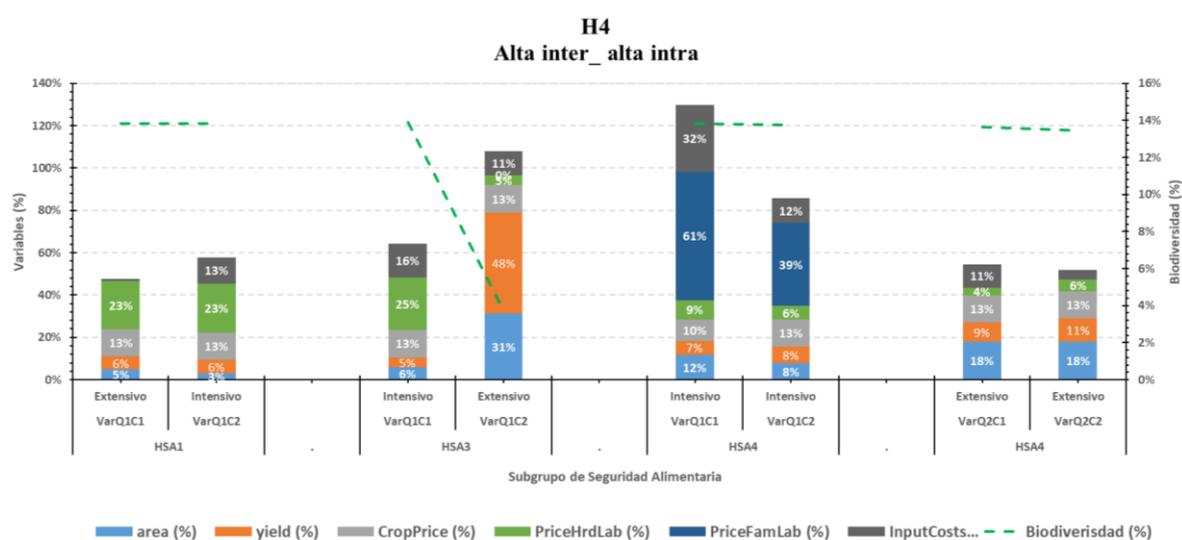
4.5.4. Hogares agrícolas con un nivel de agrobiodiversidad integral alto (H4)

Los tipos de hogar agrícola (H4) se asocian más con los productores de quinua que tienen niveles de seguridad alimentaria más bajos (HSA4), ellos se caracterizan por contar con cuatro tipos de finca (Tabla 21). Estos se encuentran distribuidos a lo largo de las provincias de Melgar y Huancané y poseer bajos ingresos y bajo autoconsumo.

En la Figura 26, se representa la distribución porcentual de variables de interés para el sistema agrícola de dos de los cuatro tipos de finca existentes (comunes a los tres grados de seguridad alimentaria). El nivel de seguridad alimentaria de esta población es de media a muy baja; siendo esta última (HSA4) la predominante; aunque se distingue de estos agricultores el poseer los cuatro tipos de finca en relación a los otros subgrupos. Los cuales, en conjunto representan el 46 por ciento de las áreas de cultivo a nivel departamental y se

cultivan bajo un sistema intensivo (50 por ciento) y extensivo (50 por ciento). Siendo el tipo más representativo VarQ2C1 (18 por ciento) y VarQ2C2 (18 por ciento).

Los gastos en insumos y requerimientos de mano de obra son mayores para VarQ1C1 y VarQ1C2; sin embargo, sus rendimientos son menores dentro del subgrupo. Con relación a los precios de la quinua es menor para el tipo VarQ1C1 (7 por ciento), VarQ1C2 (8 por ciento); y mayor para el tipo de cultivo VarQ2C2 (11 por ciento) (Figura 26). En HSA4, ACNR se mantiene estable para VarQ2C1 y VarQ2C2.



Las barras representan distribuciones porcentuales del área, rendimiento (*Yield*), precio del cultivo en chacra (*CropPrice*), precio de la mano de obra contratada (*PriceHrdLab*), precio de la mano de obra familiar (*PriceFamLab*), costos de insumos (*InputCost*). Las líneas punteadas representan niveles de agrobiodiversidad (ACNR) en función al rendimiento de QP.

Figura 26. Hogares agrícolas con nivel de agrobiodiversidad alto (H4). Se muestran los tres grados de seguridad alimentaria (HSA) existentes, se destacan HSA4 (Melgar, Huancané).

En la Figura 27, se representa la distribución de variables de interés para el sistema agrícola, considerando todos los tipos de fina y HSA existentes.

H4 Alta inter_ alta intra



Las mayores áreas de cultivo se encuentran en el subgrupo HSA4 (56%) (VarQ2C1-18%, VarQ2C2-18%) seguido de HSA3 (37%), HSA2 (20%) y HSA1 (8%). En relación al rendimiento, este es mayor en HSA3 (53%), seguido de HSA4 (34%) (VarQ2C1-9%, VarQ2C2-11%), HSA1 (13%). La variación de los precios es mayor en HSA4 (49%), seguido de HSA1 y HSA3 (26%). Los gastos en mano de obra contratada son mayores en HSA4 (100%). El menor nivel de agrobiodiversidad de cultivos no representativos para la finca se observa en el subgrupo HSA4 (VarQ2C1, VarQ2C2).

Figura 27. Hogares agrícolas con niveles de agrobiodiversidad altos (H4). Se observa el consolidado de porcentajes de los tipos de finca. Se observa la distribución porcentual de las variables de interés.

4.6. APLICACIÓN DEL MODELO BIOECONÓMICO DE HOGARES AGRÍCOLAS (MBHA) Y LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA AGROBIODIVERSIDAD SOBRE PRODUCCIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Como lo describiéramos en los apartados precedentes, en el departamento de Puno, existen diferentes niveles de seguridad alimentaria y agrobiodiversidad, es sobre esta base que se ha construido MBHA. Los impactos de los escenarios simulados (Tabla 22) están representados por indicadores estructurales y económicos calculados a nivel individual (es decir, hogares agrícolas) y regionales; tales como, el uso de la tierra, patrón de cultivo, producción y consumo por tipos de finca, ingresos de los hogares agrícolas y brecha de pobreza. Para

facilitar la interpretación de los resultados y su comparación entre escenarios, la mayoría de los impactos se midieron como cambios porcentuales con respecto a la línea de base.

En general, los resultados mostraron perfiles similares entre los escenarios *YdChg-MinCB*; *MaxCB-Convexo* y *lineal-Cóncavo*; por lo que se deduce que con un decremento del 10 y 30 por ciento en el rendimiento de QP en la línea de base; se obtiene un nivel de conservación mínimo de la agrobiodiversidad de cultivos menos representativos para la fina (ACNR). También, se puede decir que la máxima conservación de ACNR se obtiene cuando el valor del parámetro *alfa* es de dos; mientras que el *trade off* entre el rendimiento de QP y la agrobiodiversidad (ACNR) se encontraría en el escenario lineal o convexo donde el parámetro alfa óptimo, para esta relación se encuentra entre $0.5 \leq \alpha \leq 1$ (Tabla 13).

Tabla 22. Principales características de los escenarios de conservación de la agrobiodiversidad

Escenario*	Características
<i>Yd_Chg</i>	Se simula la reducción en el rendimiento de QP en 10% para los sistemas de cultivo intensivo y del 30% para los sistemas de cultivo extensivo.
<i>Min-CB</i>	Se simula la mínima conservación de ACNR (rendimiento máximo de QP).
<i>Max-CB=Convexo</i>	Se simula la máxima conservación de ACNR (rendimiento mínimo de QP).
<i>Trade off QP-ACNR =Cóncavo= Lineal</i>	Se simula el <i>Trade off</i> entre la conservación de ACNR y el rendimiento de QP.

* *Yd_Chg*, representa variaciones en el rendimiento de QP, producidos por cualquier tipo de fenómeno ambiental, económico o social. *Min-CB*, *Max-CB* y *Trade off*, representan variaciones en los niveles de ACNR, producidos por cualquier tipo de fenómeno ambiental, económico o social.

Dada la similitud entre los perfiles, en adelante se representarán sólo las más importantes a fin de ilustrar mejor los impactos. El impacto de la reducción de QP que favorece la conservación de ACNR se modela en el escenario de *Trade off ACNR-QP*; *Min-CB*, representa a la mínima conservación de ACNR; y *Max-CB*, representa la máxima conservación de ACNR.

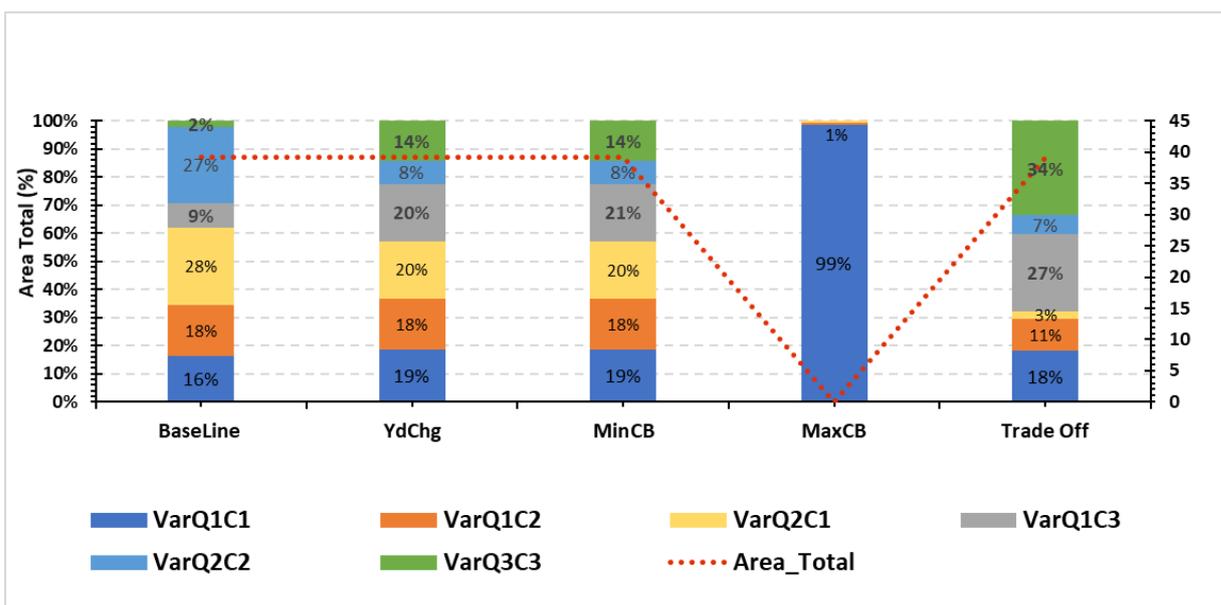
Primero se describe el impacto de la conservación de ACNR a nivel local (desde la perspectiva del agricultor) y posteriormente a nivel regional (desde la perspectiva de la

población que demanda de QP). Los impactos sobre la seguridad alimentaria local se describen en función a las variaciones porcentuales sobre el autoconsumo (disponibilidad) y el ingreso agrícola (acceso). Por otro lado, los impactos sobre la seguridad alimentaria se describen a través de las variaciones porcentuales de la oferta (producción de QP) y la demanda. Todas ellas influenciadas por las variaciones en el uso de la tierra, asignación del cultivo.

4.6.1. Impactos a nivel regional de la agrobiodiversidad sobre el uso de la tierra y la asignación de los tipos de finca.

En la Figura 28, se muestra el impacto en la reducción del rendimiento de QP en 10 y 30 por ciento para el sistema de cultivo intensivo y extensivo respectivamente (*Yd_Chg*), con respecto a la línea de base. Se observa una redistribución en la asignación de los tipos de finca, a fin de mantener o mejorar el rendimiento QP. Este impacto se manifiesta en el incremento en áreas de cultivo para los tipos de finca VarQ3C3 (12 por ciento), VarQ1C3 (11 por ciento) y VarQ1C1 (3 por ciento). Un decremento de VarQ2C1(-8 por ciento); mientras que VarQ1C2 no presenta variación. Este efecto, se replica en un escenario de Mínima Conservación de ACNR (*MinCB*), lo que nos lleva a concluir que los hogares agrícolas, han superado los rendimientos máximos de QP en 10 y 30 por ciento para los sistemas de cultivo intensivo y extensivo respectivamente.

Esto se confirma en un escenario de Máxima Conservación de ACNR (*MaxCB*), donde el área de cultivo (líneas punteadas) es cero. En este escenario conservacionista, el rendimiento de QP se recuperaría si se incrementa el área para el tipo de finca VarQ1C1 (83 por ciento) y se reduce VarQ1C2 (-17 por ciento) mientras que el resto de las fincas desaparece (Figura 28). Por el contrario, en el escenario *de Trade off* QP-ACNR, se observan incrementos de áreas de cultivo para VarQ3C3 (32 por ciento), VarQ1C3 (18 por ciento) y VarQ1C1 (2 por ciento); mientras que para el resto de las fincas se disminuiría las áreas de cultivo así; VarQ2C2 (-20 por ciento), Var Q2C1 (-17 por ciento) y VarQ1C2 -7 por ciento). Entonces se puede decir que frente a *shocks* de variabilidad de ACNR, producidos por cualquier fenómeno, sea este económico, social o ambiental; induce a una reorganización de las fincas hacia los tipos VarQ3C3, VarQ1C3 y VarQ1C1, en la medida de que les sea posible, a fin de asegurar las probabilidades de éxito en el rendimiento de otros productos agrícolas de utilidad para el autoconsumo o la generación de ingresos.



Se muestra el impacto de los niveles de ACNR sobre la asignación de áreas de los tipos de finca VarQ3C3, VarQ2C2, VarQ1C3, VarQ2C1, VarQ1C2 y VarQ1C1. A nivel regional, en un escenario de *Trade off* QP-ACNR, las áreas de cultivo se incrementarían para los tipos de finca VarQ3C3, VarQ1C3 y VarQ1C1 a fin de compensar la reducción en equilibrio de la producción de QP.

Figura 28. En la línea de base, se muestra el uso de las áreas de cultivo para cada tipo de finca en el departamento de Puno-Perú. Los escenarios *YdChg*, *MinCB*, *MaxCB* y *Trde off*, representan diferentes niveles de ACNR.

4.6.2. Impacto a nivel regional de la agrobiodiversidad sobre la oferta, demanda, ingresos y autoconsumo.

Oferta e ingresos

A nivel regional o departamental, el impacto de los niveles de ACNR sobre la oferta de QP (es decir la producción) de los tipos de finca, sigue la misma tendencia que para el uso de la tierra, lo que implica; que los niveles de producción de QP superan los máximos posibles; es decir tienen un exceso de producción del 10 por ciento para los sistemas de cultivo intensivo y de 30 por ciento para los sistemas de cultivo extensivo, que si se redujeran, generarían una reducción promedio en la oferta de 37 a 20 kg h⁻¹.

La conservación mínima de ACNR (*MinCB*) hace que la oferta de QP se incremente en cinco de los seis tipos de finca de la siguiente manera; VarQ3C3 (1 por ciento), VarQ1C2 (4 por

ciento), VarQ1C1 (6 por ciento) y VarQ1C3 (7 por ciento); mientras que VarQ2C2 disminuye en 18 por ciento (Figura 29), sugiriéndonos que frente a *shocks* que propicien la mínima conservación de la agrobioidversidad ($\rightarrow 0$), serían los cinco primeros tipos de finca los que adoptarían los agricultores. Por el contrario, en el escenario conservacionista, de máxima conservación de ACNR (*MaxCB*), como se espera la oferta de QP es de cero y aparentemente la población se encuentra en alta vulnerabilidad alimentaria. Sin embargo, en un escenario donde se busca alcanzar un *Trade off* entre QP-ACNR, se observa que la oferta de QP con respecto a la línea de base, se incrementa en los tipos VarQ1C1 (9 por ciento) VarQ1C3 (14 por ciento), y VarQ3C3 (17 por ciento); y se reduce para los tipos VarQ1C2 (-2 por ciento), VarQ2C2 (-11 por ciento), y VarQ2C1(-24 por ciento) (Figura 29).

Con relación a los ingresos/ha, estos son proporcionales a la oferta (Figura 29), en el escenario de *Trade off* QP-ACNR, estos se incrementan para VarQ1C1 (11 por ciento), VarQ1C3 (13 por ciento), y VarQ3C3 (11 por ciento); y se reducen para VarQ1C2 (-2 por ciento), VarQ2C1 (-24 por ciento), VarQ2C2 (-9 por ciento).



Se muestra el impacto de los niveles de ACNR sobre la oferta e ingresos de los diferentes tipos de finca VarQ3C3, VarQ2C2, VarQ1C3, VarQ2C1, VarQ1C2 y VarQ1C1. A nivel regional, en un escenario de *Trade off* QP-ACNR la oferta y en consecuencia los ingresos se incrementan para los tipos de finca VarQ3C3, VarQ1C3 y VarQ1C1; en general la oferta e ingresos en la región, es creciente en este escenario (líneas punteadas).

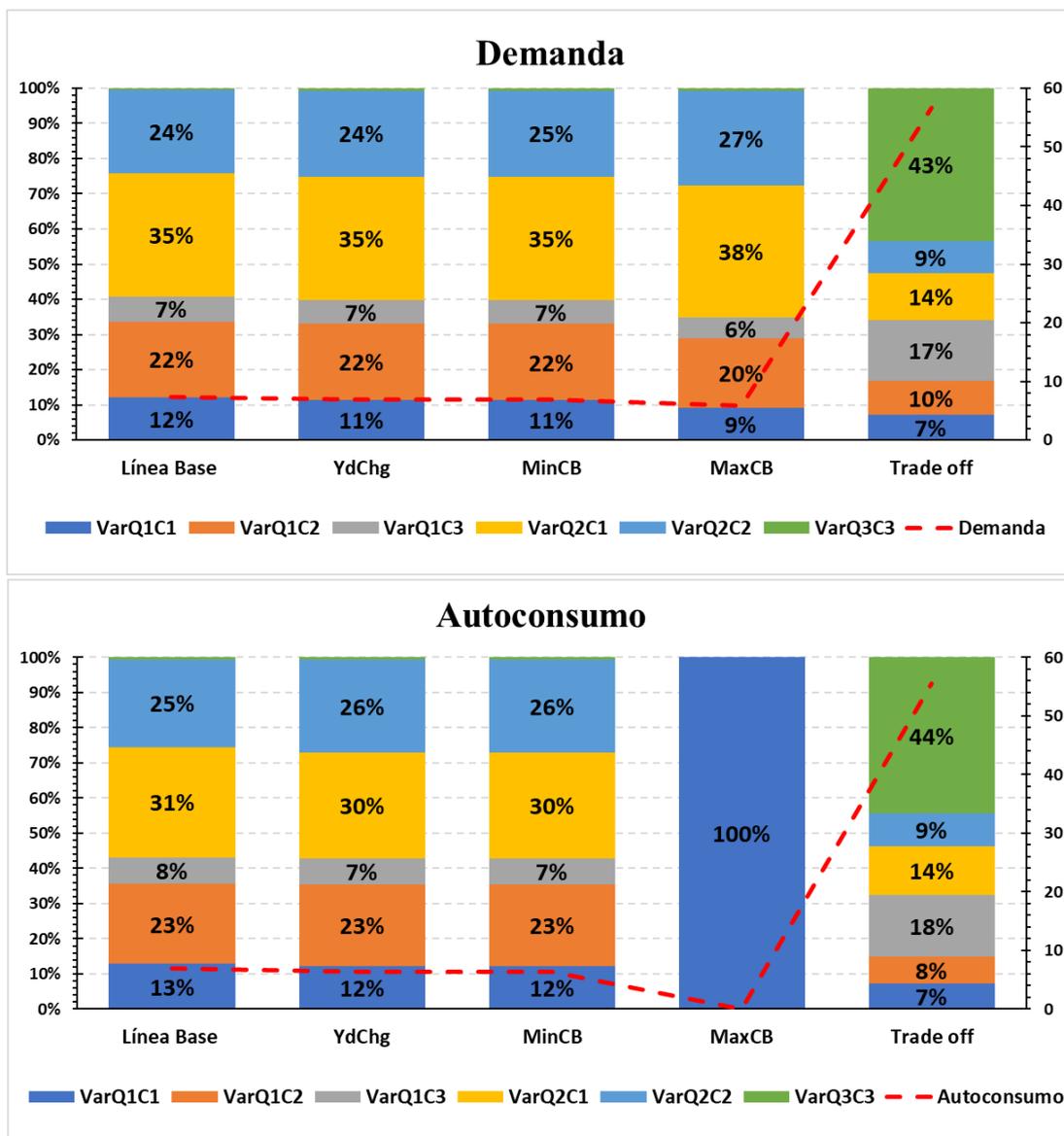
Figura 29. En la línea de base; los porcentajes de oferta e ingresos obtenidos en cada tipo de finca dentro del departamento de Puno-Perú. Los escenarios *YdChg*, *MinCB*, *MaxCB* y *Trade off*, representan diferentes niveles de ACNR.

Demanda y autoconsumo

A nivel regional, la variación de la demanda es mínima a través para todos los escenarios, excepto para el escenario de *Trade Off* QP-ACNR. Esta constancia o regularidad (líneas punteadas), incluso en el escenario de *MaxCB* se debe a que la demanda es un factor independiente del sistema de producción. En el escenario *Trade Off* QP-ACNR, se observan

incrementos de la demanda de QP para VarQ3C3 (42 por ciento), VarQ1C3 (10 por ciento), mientras que la demanda de QP se reduciría en los tipos de finca VarQ1C1(-5 por ciento), VarQ1C2(-12 por ciento), VarQ2C1(-21 por ciento), VarQ2C2(-15 por ciento); aunque en general, en este escenario la demanda tendría una tendencia creciente (Figura 30), la cual probablemente se deba a que los productos provenientes de fincas más ecológicas (agrobiodiversas) y con sistemas de cultivo extensivos tengan características que se valoran mejor por el consumidor.

Del mismo modo, el autoconsumo se mantiene sin variación entre los escenarios, excepto en *MaxCB* y *Trade Off* QP-ACNR (Figura 30). En el escenario *MaxCB* el autoconsumo es cero debido a que QP es mínimo. Mientras que en el escenario de *Trade Off* QP-ACNR, el autoconsumo se incrementa para VarQ3C3 (43 por ciento), VarQ1C3 (10 por ciento); y disminuye en VarQ1C1(-6 por ciento), VarQ1C2(-15 por ciento), VarQ2C1(-17 por ciento), VarQ2C2(-16 por ciento); aunque en general, en la región, existe una tendencia creciente del autoconsumo.



Se muestra el impacto de los niveles de ACNR sobre la demanda y el autoconsumo de los diferentes tipos de finca VarQ3C3, VarQ2C2, VarQ1C3, VarQ2C1, VarQ1C2 y VarQ1C1, A nivel regional, en un escenario de *Trade off* QP-ACNR la demanda y autoconsumo muestran patrones similares, evidenciando requerimientos similares entre los consumidores y productores.

Figura 30. En la línea de base; los porcentajes de demanda y autoconsumo obtenidos en cada tipo de finca dentro del departamento de Puno-Perú. Los escenarios *YdChg*, *MinCB*, *MaxCB* y *Trde off*, representan diferentes niveles de ACNR.

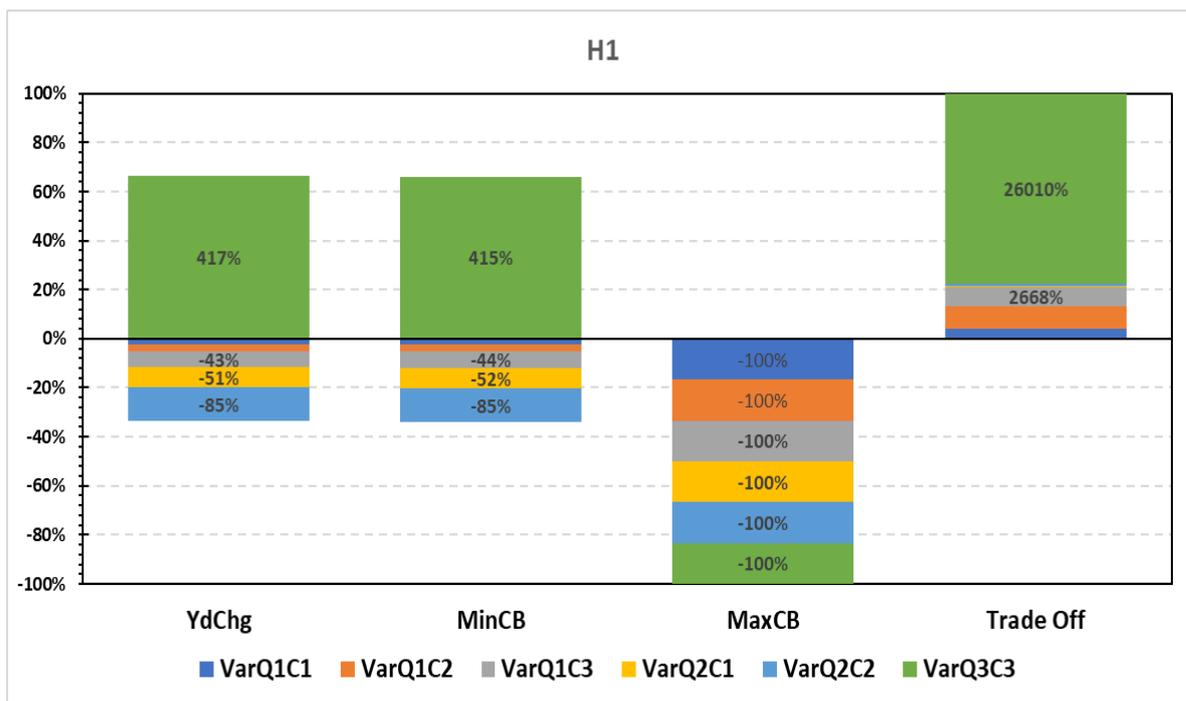
4.6.3. Impacto de la agrobiodiversidad sobre la producción agrícola en cada tipo de hogar agrícola del departamento de Puno-Perú

Los tipos de hogares agrícolas del departamento de Puno-Perú, se diferencian entre sí por el nivel de agrobiodiversidad inter e intra-específico que los caracteriza (H1, H2, H3, H4). Así

también algunos de estos hogares conservan los seis tipos de finca identificados; mientras otras solo dos de las seis ($VarQ_xC_y$). Los productores de quinua dentro de estos grupos de hogar agrícola, a su vez tienen diferentes grados o niveles de seguridad alimentaria (HSA1, HSA2, HSA3, HSA4). Motivo por el cual, a continuación, se describe el comportamiento de cada tipo de hogar agrícola con respecto a la producción en cada escenario de agrobiodiversidad.

Hogares agrícolas de Lampa y Collao

Se caracterizan por tener un nivel medio de agrobiodiversidad inter-intra específicos (H1) y está asociado con un alto autoconsumo (HSA2) (Tabla 20 y Figura 19). A nivel regional, en los escenarios *YdChg* y *MinCB* se observa una variación sustancial positiva en la producción de QP en $VarQ3C3$ (Figura 31), mientras que para los otros tipos de finca la variación es negativa; $VarQ2C2$ (-85 por ciento), $VarQ2C1$ (-51 por ciento) y $VarQ1C3$ (-43 por ciento). El escenario *MinCB* refleja una mínima conservación de ACNR, cuyo perfil coincide con la del escenario *YdChg*, este último generado de la reducción del rendimiento QP en 10 por ciento (sistema intensivo) y 30 por ciento (para el extensivo); por lo tanto, el impacto de ACNR mínimo, primero es aparentemente negativo para la mayoría de las fincas, excepto $VarQ3C3$; sin embargo, estas pueden reflejar también, los excedentes de producción de QP (Figura 31). Esta hipótesis se confirma en *MaxCB* donde ACNR es el máximo y su impacto es la reducción de QP (-100 por ciento) en todas las fincas, en consecuencia, se confirma la hipótesis y adicionalmente se observa que en $VarQ3C3$ no existen excedentes de producción de QP; pero, en un escenario *MinCB* en $VarQ3C3$, la producción de QP se incrementaría en un 415 por ciento. En un escenario *Trade off* QP-ACNR, se observa una variación positiva en la producción de QP en todas las fincas; $VarQ3C3$ (26010 por ciento), $VarQ1C2$ (3050 por ciento), $VarQ1C3$ (2668 por ciento), $VarQ1C1$ (1408 por ciento), $VarQ2C2$ (289 por ciento) y $VarQ2C1$ (132 por ciento).

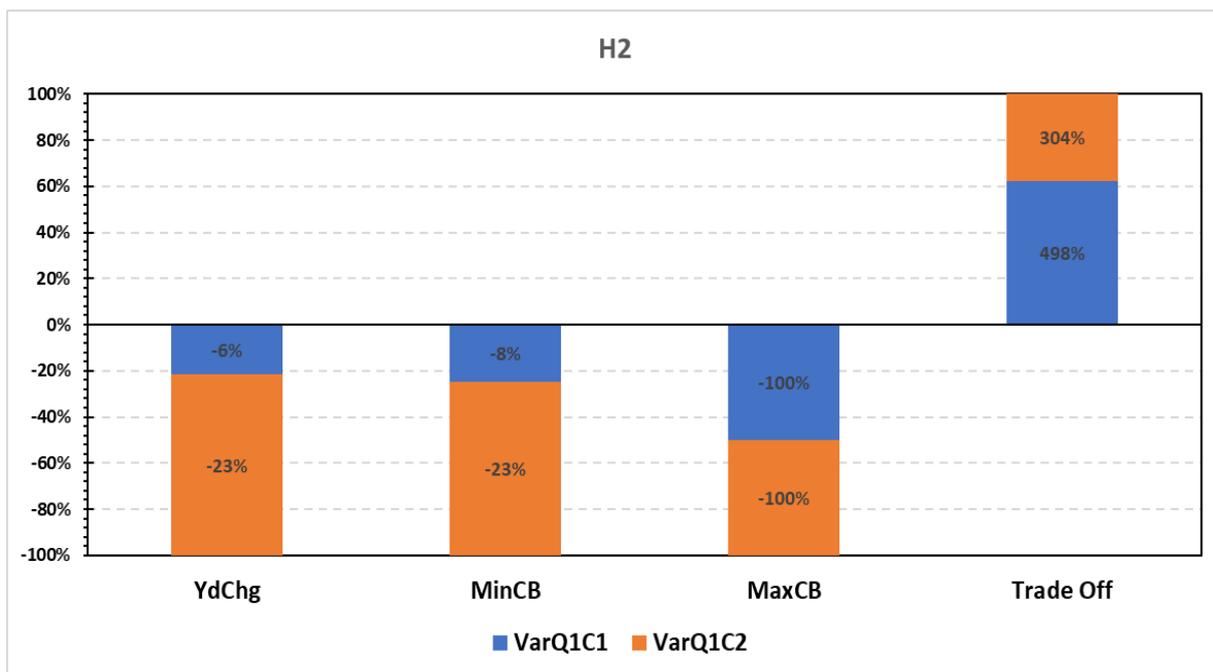


Se muestra la variación porcentual de la producción de QP con respecto a la línea de base a través de los diferentes escenarios de agrobiodiversidad.

Figura 31. Impacto de niveles de ACNR sobre la producción de QP de los hogares agrícolas de las provincias de Lampa y Collao.

Hogares agrícolas de Puno y Chuquito

Se caracterizan por tener un nivel muy bajo de agrobiodiversidad inter-intra específicos (H2) y están asociados con un bajo autoconsumo (HSA3); y donde sólo se reportan dos tipos de fincas VarQ1C1 y VarQ1C2 (Tabla 20 y Figura 19). El escenario *MinCB* representa la mínima conservación de ACNR, cuyo impacto refleja disminuciones en la producción de QP en todas las fincas VarQ1C1 (-6 por ciento) y VarQ1C2 (-23 por ciento), que al igual que en H1 representan excedentes de producción de QP; es decir, la producción de QP en estas fincas debe de reducirse en 6 por ciento y 23 por ciento respectivamente para obtener un mínimo de conservación de ACNR. Por otro lado, en un escenario de *Trade off* QP-ACNR se observa incrementos en la producción de QP de 304 por ciento para VarQ1C2 y de 498 por ciento en VarQ1C1.

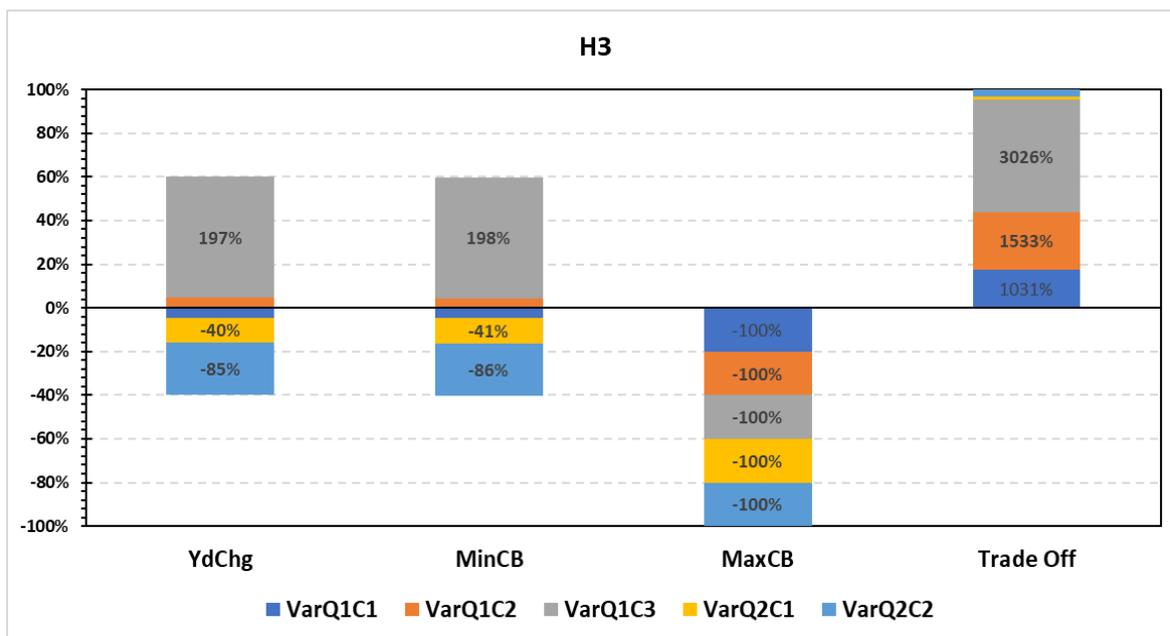


Se muestra la variación porcentual de la producción de QP con respecto a la línea de base a través de los diferentes escenarios de agrobiodiversidad.

Figura 32. Impacto de niveles de ACNR sobre la producción de QP de los hogares agrícolas de las provincias de Puno y Chucuito.

Hogares agrícolas de Azángaro y San Román

Se caracterizan por tener un nivel bajo de agrobiodiversidad inter-intra específicos (H3), los cuales están asociados con un bajo autoconsumo (HSA4) (Tabla 20 y Figura 19), y se reportan cinco de los seis tipos de fincas (excepto VarQ3C3). En este caso, VarQ1C3 se comporta como VarQ3C3 en H1. El impacto de una mínima conservación de ACNR (*MinCB*), produce la reducción en la producción de QP en las fincas VarQ1C1(-17 por ciento), VarQ2C1(-41 por ciento), VarQ2C2 (-86 por ciento), los cuales como en H1 representan excedentes de producción QP. Asimismo, *MinCB* produce impactos positivos en la producción de QP en las fincas VarQ1C3 (198 por ciento) y VarQ1C2 (16 por ciento). El escenario de *Trade off* QP-ACNR impacta positivamente la producción de QP en todas las fincas VarQ1C3 (3026 por ciento), VarQ1C2 (1533 por ciento), VarQ1C1 (1031 por ciento), VarQ2C2 (181 por ciento) y Var Q2C1 (98 por ciento) (Figura 33)

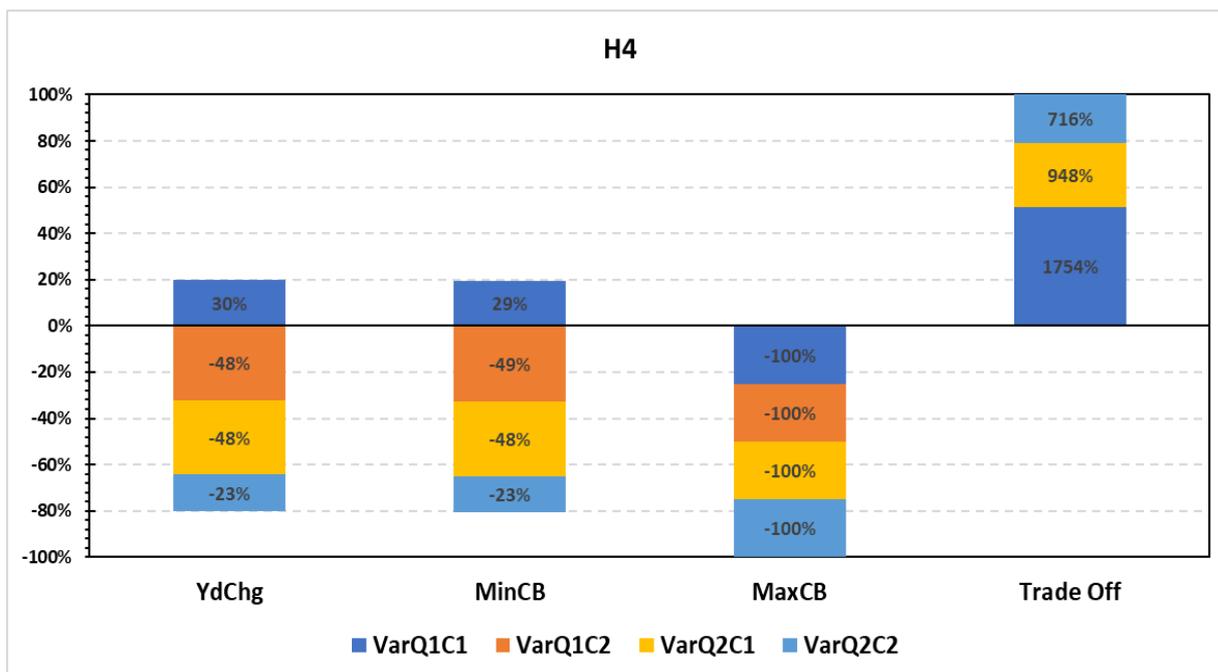


Se muestra la variación porcentual de la producción de QP con respecto a la línea de base a través de los diferentes escenarios de agrobiodiversidad.

Figura 33. Impacto de niveles de ACNR sobre la producción de QP de los hogares agrícolas de las provincias de Azángaro y San Román.

Hogares agrícolas de Huancané y Melgar

Se caracterizan por tener un nivel alto de agrobiodiversidad inter-intra específicos (H4, nivel alto de agrobiodiversidad inter-intra específicos) y estar asociados con un bajo autoconsumo (HSA4) (Tabla 20 y Figura 19). En estos lugares se reportan cuatro tipos de fincas (excepto VarQ3C3 y VarQ2C2). El impacto de la conservación mínima de ACNR (*MinCB*), es la reducción de la producción de QP en; VarQ1C2 (-48 por ciento), VarQ2C1 (-48 por ciento), VarQ2C2 (-23 por ciento) los cuales, como en H1, representan excedentes de producción. Mientras que la mínima conservación de ACNR en VarQ1C1 a producido un incremento de QP en 29 por ciento. Por otro lado, el impacto del escenario de *Trade off* QP-ACNR es positivo para todos los tipos de finca; VarQ1C1 (1754 por ciento), VarQ2C1 (948 por ciento), Var Q2C2 (716 por ciento) y VarQ1C2 (6 por ciento) (Figura 34).



Se muestra la variación porcentual de la producción de QP con respecto a la línea de base a través de los diferentes escenarios de agrobiodiversidad.

Figura 34. Impacto de niveles de ACNR sobre la producción de QP de los hogares agrícolas de las provincias de Huancané y Melgar.

4.6.4. Impacto de la agrobiodiversidad sobre el autoconsumo, demanda, ingresos/ha, oferta y uso de la tierra en cada tipo de hogar agrícola del departamento de Puno-Perú

Hogares agrícolas de Lampa y Collao

La provincia del Collao cuenta con tres tipos de finca (Figura 35). Se observa que en la medida en que se incrementan los ingresos, se reduce el nivel de autoconsumo. VarQ1C1 tendrían mejores resultados en un escenario de *Trade off* QP-ACNR, ya que los agricultores tendrían incrementos en sus ingresos en 2.2 por ciento, que le pueden permitir al agricultor acceder a otros alimentos, con la menor reducción en el autoconsumo de QP (-6 por ciento.) *versus* VarQ2C1 (-17 por ciento) y VarQ1C2 (-15 por ciento). Desde el punto de la seguridad alimentaria local (agricultor) las fincas tipo VarQ2C1, serían las más vulnerables; mientras que las desde el punto de vista de una seguridad alimentaria global (Figura 35); esta finca no podría cubrir el 21 por ciento de la demanda de QP, debido a que su oferta de QP se reduciría en 6 por ciento. Esta carencia de QP en el mercado, eventualmente podría incrementar su

precio, restringiendo el acceso y la disponibilidad de QP para el consumidor; sin embargo, ellos no verían comprometida su seguridad alimentaria, debido a la existencia de otros productos sustitutos.

En el caso de la provincia de Lampa, cuenta con seis tipos de fincas (Figura 35). En un escenario *Trade off* QP-ACNR el menor impacto debido al incremento en sus ingresos y el autoconsumo lo tendrían; VarQ1C3 (13 por ciento, 10 por ciento), VarQ3C3 (11 por ciento y 44 por ciento) y VarQ1C1 (2.2 por ciento, -6 por ciento), *versus* VarQ1C2 (-0.4 por ciento, -15 por ciento), VarQ2C1 (-6 por ciento, -17 por ciento) y VarQ2C2 (-16 por ciento, -3 por ciento), siendo la finca VarQ2C1 la más vulnerables a la inseguridad alimentaria local. Desde el punto de vista de la seguridad alimentaria global, se puede decir que VarQ3C3 sería más exitosa debido a la producción (oferta), seguida de VarQ1C3. Sin embargo, la asignación de tierra para este tipo de fincas tendría que incrementarse proporcionalmente en 32 y 18 por ciento lo que impactaría de manera positiva o negativa sobre la agrobiodiversidad de la finca y la biodiversidad natural.

Hogares agrícolas de Puno y chuquito

Ambas provincias se caracterizan por tener dos tipos de fincas VarQ1C1 y VarQ1C2. En un escenario de *Trade off* QP- ACNR, VarQ1C1 tiene impactos positivos con respecto al ingreso (2.2 por ciento) y autoconsumo (-6 por ciento) *versus* VarQ1C2 cuyos ingresos y autoconsumo se reducen en -0.4 por ciento y -15 por ciento el respectivamente. Debido a ello esta última sería considerada más vulnerable a la inseguridad alimentaria local; mientras que VarQ1C1, tiene impactos positivos sobre la seguridad alimentaria local y global (Figura 35).

Hogares agrícolas de Azángaro y San Román

Estas provincias tienen cuatro tipos de fincas, de entre todas, en un escenario de *Trade off* QP-ACNR se destaca VarQ1C1, debido a que se impacta menos en el autoconsumo (-6 por ciento) y produce un 2.2 por ciento de incremento en los ingresos agrícolas *versus* VarQ2C1 (-17 por ciento, -6 por ciento), VarQ2C2 (-16 por ciento, -3 por ciento) y Var Q1C2 (-15 por ciento, -0.4 por ciento); estos resultados reflejan que VarQ2C1 sería más vulnerable a la inseguridad alimentaria local; seguidos por las otras dos fincas. Desde una perspectiva de

seguridad alimentaria global, en un escenario de *Trade off* la provincial reduciría su oferta al mercado; lo que produciría un alza en los precios y afectaría eventualmente la disponibilidad y acceso de la quinua a la población no agrícola, local y mundial (Figura 35).

Hogares agrícolas de Huancané y Melgar

Estas provincias cuentan con cuatro tipos de finca (Figura 35). En un escenario de *Trade off* tiene impactos similares a las provincias de Azángaro y San Román; sin embargo en este caso VarQ1C1 representa en área cultivada el 12 por ciento a nivel regional y el 21 por ciento a nivel local; y se encontraría predominantemente en la provincia de Melgar. Los agricultores con este tipo de finca tiene un variación positiva de la oferta en 1.8 por ciento a pesar de que no puedan cubrir un 5 por ciento de la Demanda de QP, le generan un incremento en los ingresos de 2.2 por ciento

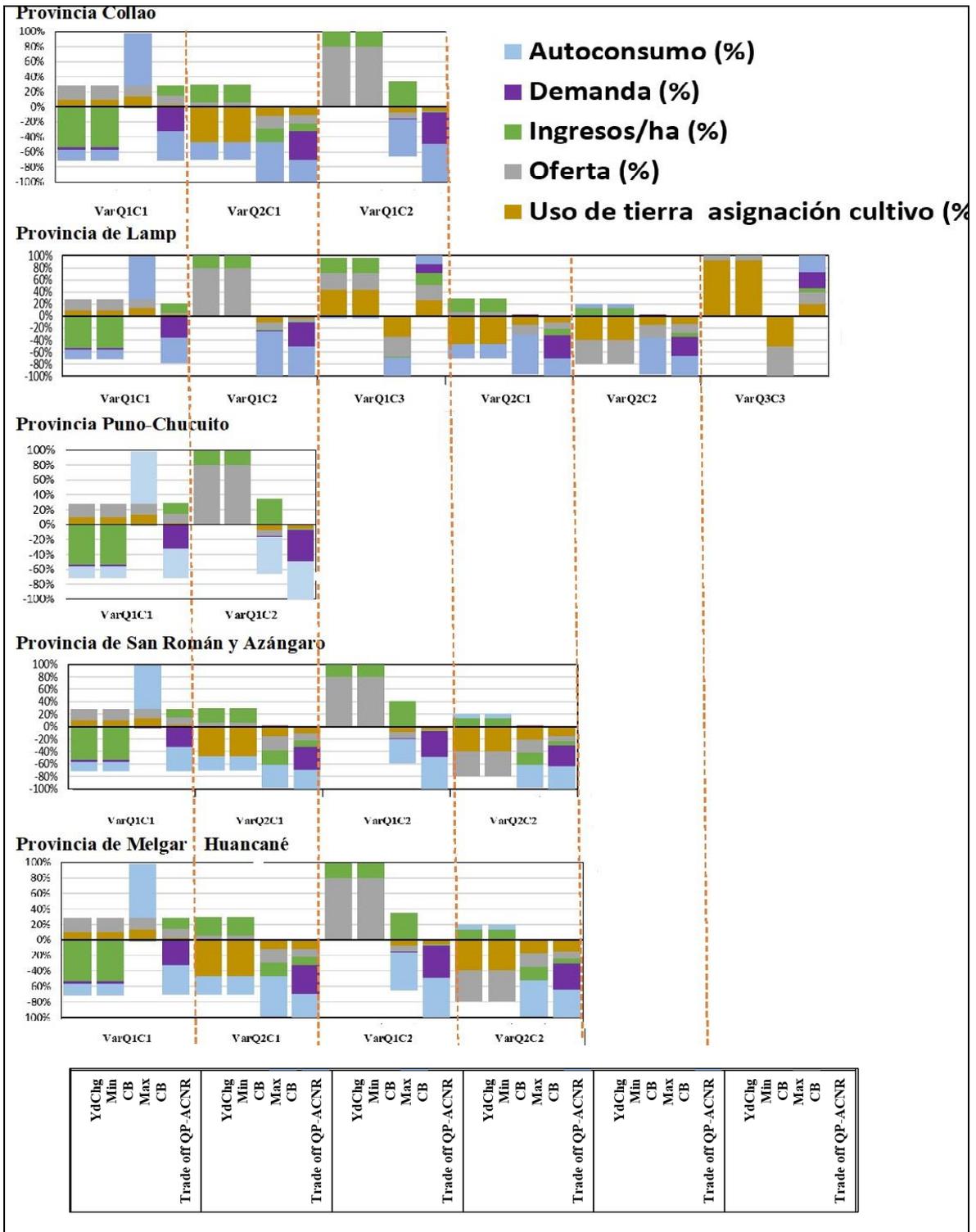
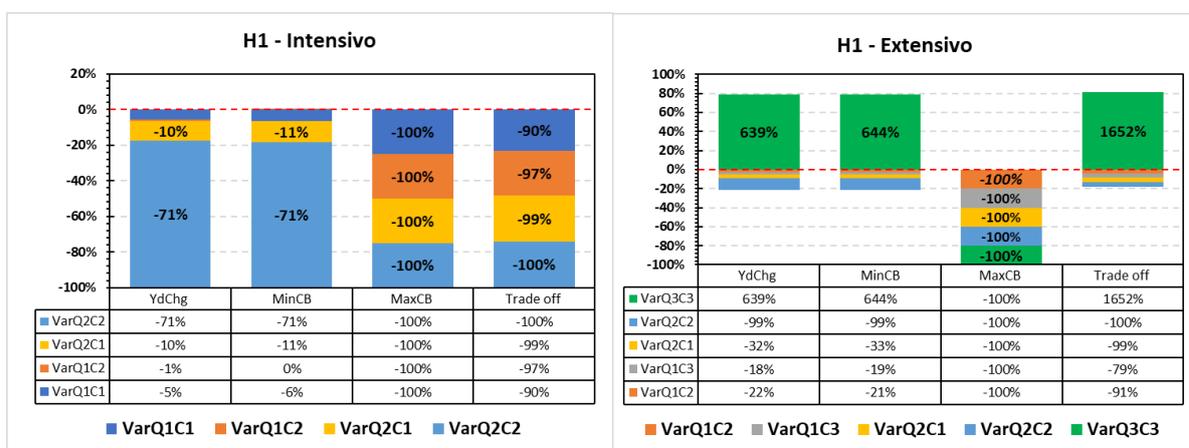


Figura 35. Impacto de los niveles de ACNR en los tipos de finca a través de las provincias.

4.6.5. Impactos Económicos de la agrobiodiversidad en cada tipo de hogar agrícola del departamento de Puno-Perú

Dos indicadores son usados para evaluar el impacto económico de la conservación de ACNR; i) el ingreso del hogar agrícola, y ii) la brecha de pobreza (BP). BP mide la distancia entre el ingreso por hogar agrícola y la línea de pobreza y pobreza extrema. La variación de los ingresos agrícolas con respecto a la línea de base, se muestran por tipo de hogar agrícola considerando el sistema de cultivo (SC) al que pertenece.



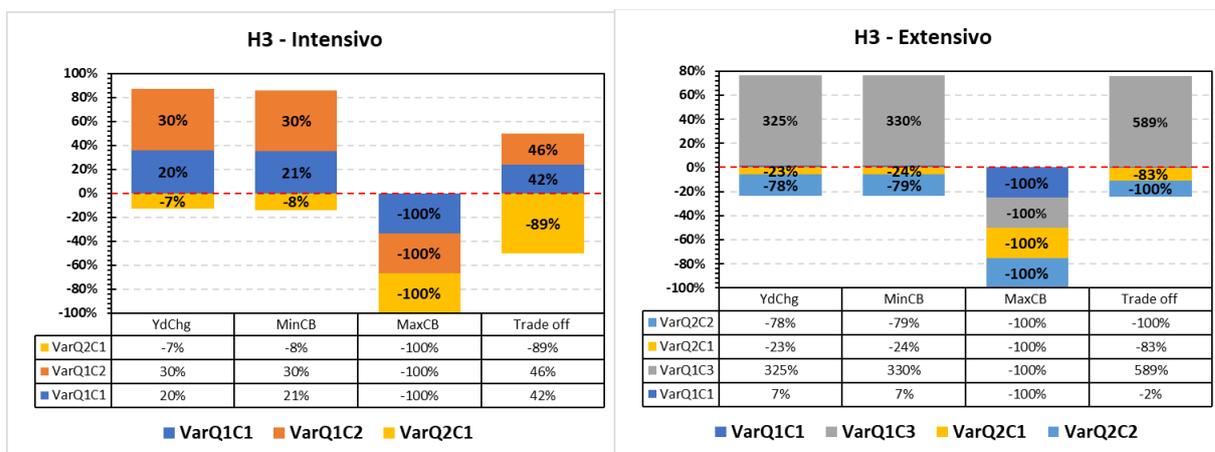
VarQ3C3 y Var Q1C3 pertenecen al SC extensivo, y VarQ1C1 al SC intensivo. Los otros tipos de finca se distribuyen en ambos grupos; aunque en el Collao predomina el SC extensivo (67%) y en Lampa el intensivo (33%). El impacto de la conservación de ACNR sobre los ingresos provenientes de QP es negativo en el SC intensivo, para todos los escenarios y tipos de finca que la integran. Mientras que en el SC extensivo los impactos son menores e incluso positivos en el caso de VarQ3C3.

Figura 36. Impacto económico de la conservación de ACNR sobre los ingresos agrícolas en las provincias de **Lampa y Collao**, por SC.



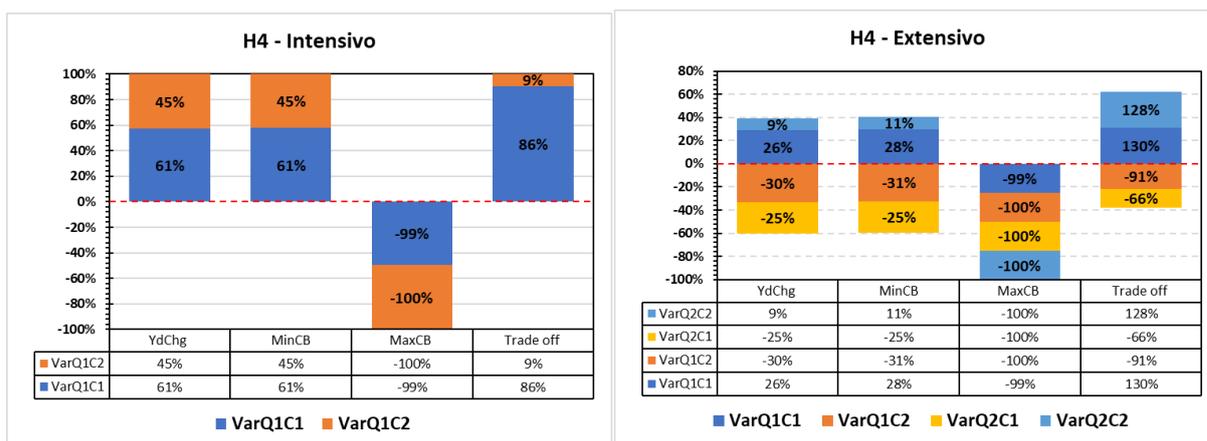
VarQ1C1 pertenecen al SC intensivo y VarQ1C2 se distribuye en ambos grupos. El impacto de la conservación de ACNR sobre los ingresos provenientes de QP es negativo; pero en menor magnitud en el SC intensivo que en el extensivo. En el primer caso, a pesar de contar con una mínima conservación de ACNR (*MinCB*) se registran ingresos positivos de VarQ1C1 (4%) y VarQ1C2 (45%). Mientras que en el SC extensivo los impactos son negativos en todos los escenarios, debido a que la reducción en sus ingresos (-31%) se debe a que se produce más de QP, en un nivel que supera la posibilidad de una conservación mínima de ACNR.

Figura 37. Impacto económico de la conservación de ACNR sobre los ingresos agrícolas en las provincias de **Puno y Chucuito**, por SC.



VarQ1C3 y VarQ2C2 pertenecen al SC extensivo, y VarQ1C2 al SC intensivo exclusivamente. Los otros tipos de finca se distribuyen en ambos grupos. El impacto de la conservación de ACNR sobre los ingresos provenientes de QP en ambos casos es moderado. En el SC intensivo, VarQ2C1 aparentemente produce más de QP, restringiendo la posibilidad de una mínima conservación de ACNR. En un escenario de *Trade off* Q-ACNR los impactos son positivos; VarQ1C1 (42%) y VarQ1C2 (46%). Por otro lado, en el SC extensivo solo VarQ1C3 presenta impactos positivos sobre el ingreso; sin embargo este tipo de finca carece de representatividad a nivel regional y no tiene una asociación significativa con el grupo H3.

Figura 38. Impacto económico de la conservación de ACNR sobre los ingresos agrícolas en las provincias de **San Román y Azángaro**, por SC.



VarQ2C2 y Var Q2C1 pertenecen al SC extensivo, solamente. Los otros tipos de finca se distribuyen en ambos grupos. El impacto de la conservación de ACNR sobre los ingresos provenientes de QP son positivos en el SC intensivo en todos los escenarios y tipos de finca que la integran. Mientras que en el SC extensivo solo VarQ2C2 (128%) y VarQ1C1(130%) tiene variación positiva en sus ingresos con respecto a la línea de base; los otros tipos de finca no tienen posibilidad de conservar ACNR.

Figura 39. Impacto económico de la conservación de ACNR sobre los ingresos agrícolas en las provincias de Melgar y Huancané, por SC.

4.6.6. Impactos Económicos de la agrobiodiversidad sobre la pobreza y pobreza extrema en cada tipo de hogar agrícola del departamento de Puno-Perú

Con el objetivo de visibilizar el impacto económico sobre las relaciones entre la pobreza rural y la degradación de la agrobiodiversidad en las provincias productoras de Quinua del departamento de Puno-Perú, se construyó la Figura 40.

La línea de pobreza determina cual es la capacidad de gasto que tienen los hogares agrícolas productores de quinua de Puno; y está determinada por el costo promedio de la canasta familiar – Línea de pobreza monetaria (canasta alimentaria y no alimentaria); y por la canasta promedio mensual de la canasta alimentaria familiar - Línea de pobreza extrema (canasta básica de alimentos). El INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) del Perú, determinó el valor en soles de estas líneas de pobreza para el 2017-2018 (INEI(c) 2019); así para el año 2017, los hogares que pertenecen a la sierra rural debieron gastar, en promedio, S/238 per cápita en una canasta familiar (pobreza) y de S/156 per cápita en un canasta básica de alimentos (pobreza extrema).

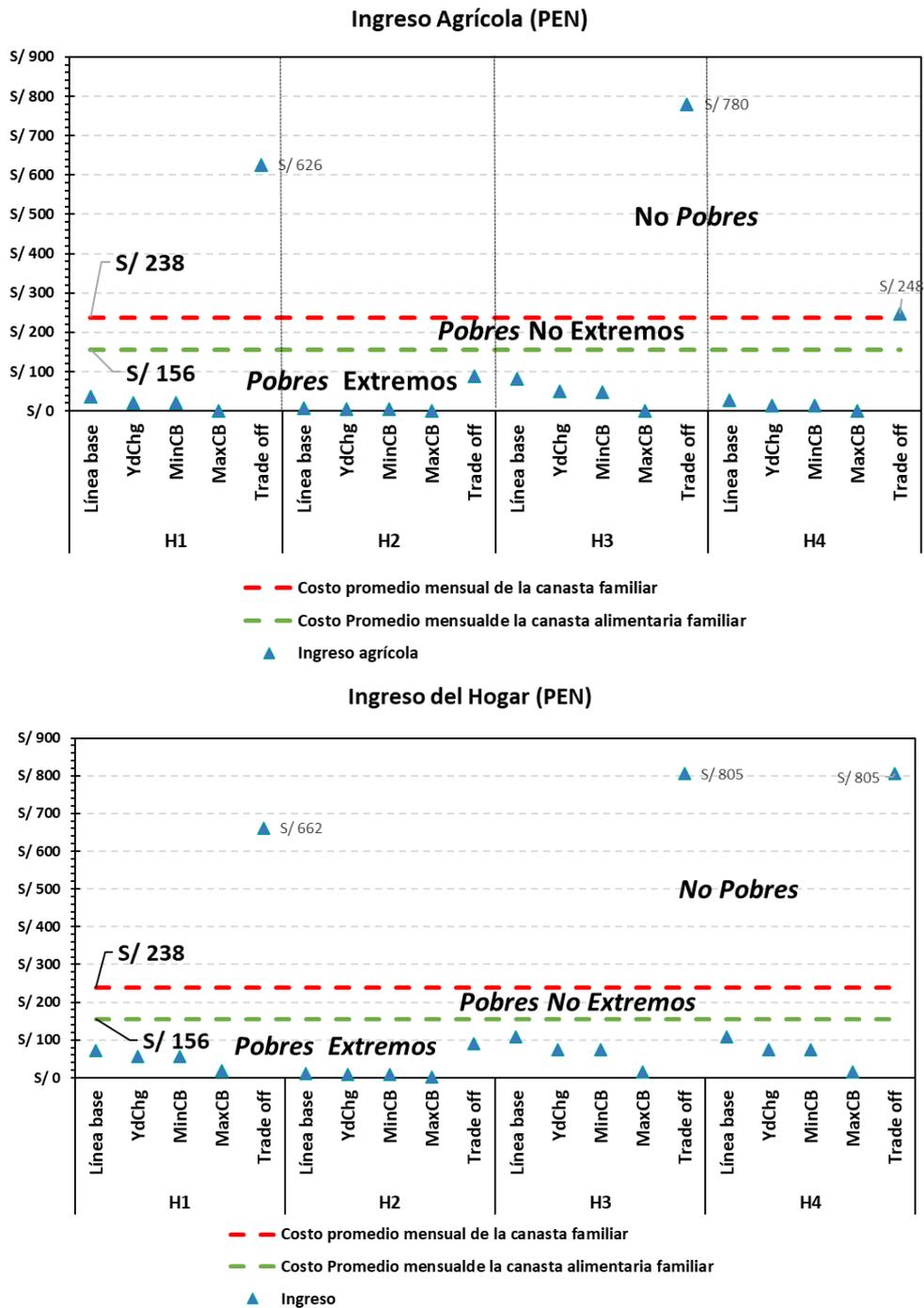
Los pequeños productores de quinua del Collao y Lampa, en general, tienen un nivel de agrobiodiversidad medio en sus fincas (H1) y su nivel de seguridad alimentaria es alto (HSA2). A nivel regional, se encuentran entre las provincias con mayores ingresos agrícolas y alto autoconsumo de QP. Aparentemente, esto garantizaría su seguridad alimentaria, desde una perspectiva de disponibilidad (autoconsumo) y acceso (ingresos); aunque se registren niveles de pobreza extremos. En un escenario de *Trade off* QP-ACNR (Figura 40) se incrementarían, principalmente los ingresos agrícolas, debido al aumento en la oferta de productos. Este hecho podría mantener o mejorar la seguridad alimentaria de esta población desde una perspectiva del acceso a alimentos; sin embargo, es probable que los niveles de autoconsumo de QP bajen afectando la disponibilidad y uso (valor nutricional) de los alimentos, colocándolos en riesgo de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria.

Los pequeños productores de quinua del Puno y Chucuito, en general, tienen un nivel de agrobiodiversidad muy bajo en sus fincas (H2) y su nivel de seguridad alimentaria es medio (HSA3). A nivel regional, se encuentran entre las provincias con mayores ingresos agrícolas, aunque el autoconsumo de QP es bajo; lo que nos sugiere que el grado de seguridad alimentaria se debe más al acceso a alimentos (ingresos) que a la disponibilidad de este (autoconsumo); a pesar de encontrarse con niveles de pobreza extrema según los indicadores del INEI 2019. En un escenario de *Trade off* QP-ACNR sus ingresos se incrementan, pero estos no superan la línea de pobreza extrema (Figura 40) posiblemente debido al bajo nivel de agrobiodiversidad que limita la capacidad de adaptación de la finca. Por lo tanto, se puede decir que frente a un evento de *shocks* en los niveles agrobiodiversidad de la quinua o cañihua (debido a fenómenos naturales o antropomórficos) serán vulnerables a la inseguridad alimentaria desde el punto de posibilidad al acceso a alimentos.

Los pequeños productores de San Román y Azángaro, en general, tienen un nivel de agrobiodiversidad bajo en sus fincas (H3) y su nivel de seguridad alimentaria es muy bajo (HSA4). A nivel regional, se encuentran entre las provincias con menores ingresos agrícolas y bajo autoconsumo de QP, lo que nos sugiere que son vulnerables a la inseguridad alimentaria desde la perspectiva de acceso y disponibilidad; además de encontrarse con niveles de pobreza extrema. Sin embargo, en un escenario de *Trade off* QP-ACNR sus ingresos podrían incrementarse hasta los 805 soles (Figura 40). Si bien la agrobiodiversidad en general es baja tienen cinco de los seis tipos de finca incluyendo (VarQ1C3) que le da

una capacidad de diversificar productos y obtener ingresos de estos mejorando su acceso a alimentos.

Finalmente, los pequeños productores de quinua de Melgar y Huancané, en general, tienen un nivel de agrobiodiversidad alto en sus fincas (H4); sin embargo, su nivel de seguridad alimentaria es muy bajo (HSA4). A nivel regional, se encuentran entre las provincias con menores ingresos agrícolas y bajo autoconsumo de QP; es decir que su nivel de seguridad alimentaria se debe al acceso y disponibilidad de alimentos; además de registrar niveles de pobreza extremos. No obstante, en un escenario de *Trade off* QP-ACNR (Figura 40) sus ingresos se incrementan, superando ligeramente la línea de pobreza. Sin embargo, los ingresos del hogar alcanzan los 805 soles (Figura 40), debido posiblemente a productos agrícolas que forman parte de ACNR que no son quinua ni cañihua por los que el agricultor obtiene buenos ingresos o a otras fuentes de trabajo no agrícolas. Si bien, las mejoras en los ingresos pueden traducirse en una mejora de la seguridad alimentaria desde una perspectiva del acceso a alimentos; no lo son desde la perspectiva de disponibilidad y uso de alimentos aspectos que deberían fortalecerse, afín de garantizar la seguridad alimentaria de la población.



En todos los casos, en un escenario de Trade off QP-ACNR los agricultores tendrían más posibilidades de salir de la pobreza excepto Puno y Chucuito. Los tipos de finca VarQ3C3 y VarQ1C3 presentes solo en la provincia de Lampa tienen poca representatividad a nivel regional y significancia estadística con el subgrupo de Seguridad alimentaria (HSA2). En el Collao existen tres tipos de finca Var Q1C1,

Figura 40. Posición de los hogares agrícolas productores de quinua, con respecto a la línea de pobreza y pobreza extrema a través los diferentes escenarios de conservación de ACNR, considerando los ingresos agrícolas y no agrícolas.

4.7. IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA POLÍTICA DE CONSERVACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD SOBRE LA PRODUCCIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Según la ONU (2019) la proporción de pequeños productores - entre todos los productores de alimentos en países de África, Asia y América Latina- varía de 40 por ciento a 85 por ciento en comparación a menos del 10 por ciento en Europa. Estos 500 millones de pequeñas fincas, la mayoría aún con producción de secano como la quinua en Puno-Perú, proporcionan hasta el 80 por ciento de los alimentos que se consumen en gran parte del mundo en desarrollo ⁷. Por lo tanto, mantener y/o mejorar su productividad agrícola es una forma importante de aumentar la seguridad alimentaria y la nutrición para los productores, y consumidores locales y globales.

La evaluación del impacto de la implementación de una política de conservación de la agrobiodiversidad, en pequeñas fincas productoras de quinua de Puno-Perú, sobre la seguridad alimentaria de los productores, consumidores locales y globales, busca estimar los niveles de diversificación en las fincas. Debido a que algunos estudios y políticas internacionales sugieren que su promoción, en países en desarrollo, ha demostrado ser beneficiosa para la nutrición humana, la mejora en los ingresos, así como las capacidades de adaptación frente a *shocks* económicos, sociales y ambientales (Kankwamba *et al.* 2018). Cualquiera de estos *shocks*, en razón a su naturaleza, pudiera desencadenar la pérdida de especies vitales y el colapso de los ecosistemas, afectando así a los más pobres, poniendo en riesgo la producción de alimentos y con ella su escasez y el hambre.

Desde el año 1900, alrededor del 75 por ciento de la diversidad de cultivos ha desaparecido de los campos ⁷, por lo que hoy se propone como solución la promoción de una agricultura sostenible que ayude a reducir tanto el hambre como la pobreza de los agricultores, considerados a su vez, piezas clave en la solución del hambre mundial. Estos agricultores tienen recursos y capacidades limitadas y se enfrentan de manera periódica a la inseguridad alimentaria y a una productividad inferior. Además, los datos que se tienen de ellos son generales, lo que los hace “invisibles” y exacerba su vulnerabilidad (ONU 2019).

En razón de ello, este estudio, a diferencia de otros, ha realizado una clasificación o tipologías de agricultores en función a variables de agrobiodiversidad intra e inter-

específicos (H1, H2, H3 ,H4); además, ha considerado tipos de finca en función agrobiodiversidad intra-específica de la quinua y de la cañihua (VarQxCy); y ha evaluado diferentes niveles de conservación de la agrobiodiversidad de cultivos menos representativos en la finca (ACNR) (simulación de escenarios) sobre indicadores económicos (autoconsumo, demanda, ingresos, oferta) y sociales (asignación de tierra) de la quinua de preferencia (QP). Adicionalmente, se captura el comportamiento del agricultor en cuanto a sus decisiones de producción y consumo. Es decir, la aplicación del MBHA, nos ha permitido visibilizar el impacto económico de una eventual implementación de una política de conservación de ACNR sobre características producción (oferta e ingresos) y de seguridad alimentaria (autoconsumo, demanda) del hogar agrícola.

Se demuestra la existencia de un impacto positivo de la conservación de ACNR sobre la oferta, la demanda, los ingresos y el autoconsumo; sin embargo, estos dependen de las características basales de los tipos de hogar agrícola (H1, H2, H3, H4), de las prácticas agrícolas, el nivel de autoconsumo y la organización de la finca. Por lo tanto, los resultados permiten identificar las provincias donde la implementación de una política de conservación de la agrobiodiversidad generaría impactos positivos sobre la seguridad alimentaria local y global y capitalizar las oportunidades de su conservación.

4.7.1. Impacto de la conservación de la agrobiodiversidad sobre la seguridad alimentaria y producción a nivel local (provincias)

Un hallazgo importante de este estudio es que los productores de quinua del departamento de Puno-Perú, usan a las proteínas como fuente principal de energía en vez de ser usados para mantener la estructura básica de los tejidos; esta condición los mantiene en un estado nutricional estable pero no idóneo. Sin embargo, para ver el nivel de seguridad alimentaria se consideraron estos indicadores y otros (Tabla 10 y Tabla 11). Como resultado encontramos que los niveles de seguridad alimentaria se caracterizan en cuatro grupos en función al autoconsumo e ingreso de cada hogar agrícola (HSA1, HSA2, HSA3, HSA4). Por otro lado, el análisis preliminar, con relación a la agrobiodiversidad de la quinua y el rendimiento de QP muestra que la finca con cuatro tipos de quinua favorece el rendimiento de QP (Figura 7), motivo por el cual se decidió considerar otros componentes de la agrobiodiversidad de la finca (Tabla 9 y Tabla 17) estableciéndose, así, cuatro niveles de agrobiodiversidad en el departamento de Puno en función a la diversidad intra-específica

(quinua-cañihua) e inter-específica (otras especies) (H1, H2, H3, H4). Finalmente, las correlaciones entre los niveles de agrobiodiversidad y seguridad alimentaria formaron cuatro grupos de provincias (Figura 18 y Figura 19); sobre las que se caracterizaron tipos de finca en función al número de tipos de quinua y cañihua que poseía cada hogar agrícola encuestado (VarQ_xC_y). Esta matriz de datos, complementada con datos de precios y elasticidades de QP, fue considerada para la aplicación del MBHA.

El impacto de la conservación de ACNR sobre indicadores de producción (oferta) y seguridad alimentaria (ingresos, autoconsumo y demanda) es diferente a nivel de provincias, las cuales poseen diferentes tipos de fincas con diferentes niveles de conservación de ACNR. Los impactos positivos de la conservación de ACNR, exigen como requisito una conservación mínima de ACNR en la finca.

La Provincia de Lampa y Collao en el departamento de Puno-Perú

Ambas provincias se agruparon, de acuerdo a la asociación estadísticamente significativa entre sus niveles de agrobiodiversidad inter e intra-específica (medio) y seguridad alimentaria (alto). Se destaca la agrobiodiversidad intra-específica sobre la inter-específica. En un escenario *Trade off* QP-ACNR, se observa una variación positiva en la producción de QP en todas las fincas, en este orden; VarQ3C3 , VarQ1C2 , VarQ1C3 , VarQ1C1 , VarQ2C2 y VarQ2C1 (Figura 31).

En el caso específico del Collao (que no tiene los tipos VarQ3C3 y VarQ1C3), VarQ1C1 tendría impactos positivos sobre los ingresos y una ligera reducción de 6 por ciento en el autoconsumo (Figura 35); los primeros podrían traducirse en una mejora del acceso a una diversidad de alimentos, y los segundos afectarían la disponibilidad de alimentos. Estas características, harían de los productores con fincas tipo VarQ1C1 menos vulnerables a la inseguridad alimentaria en comparación al resto; aunque representan sólo el 2 por ciento de los agricultores a nivel departamental y el 5 por ciento a nivel de provincia. Así también la reducción en el rendimiento de QP, en un escenario de *Trade off*, no necesariamente genera una reducción en la oferta, pues esta se compensaría con otros productos; y si bien ya no se podría cubrir alrededor del 5 por ciento de la demanda por QP esto no generaría incrementos en los precios de QP en el mercado.

Los productores de este grupo de provincias (Lampa, Collao) se caracterizan por el alto autoconsumo de QP y de altos ingresos destinados a la alimentación; sin embargo, este último no supera el valor de la canasta básica familiar de 156 soles (Figuras 40); por lo que se puede decir que el nivel alto de seguridad alimentaria se debe en gran parte al autoconsumo de QP que produce. Por lo tanto, cualquier evento que afecte los rendimientos de QP afectará directamente su seguridad alimentaria. Es decir, si bien en un escenario de *Trade off* QP-ACNR se incrementan, principalmente los ingresos agrícolas, debido al aumento en la oferta de productos, estos no necesariamente podrían mantener el nivel alto la seguridad alimentaria (desde una perspectiva del acceso a alimentos); debido a que los niveles de autoconsumo de QP bajan afectando su disponibilidad y uso (valor nutricional), colocándolos en riesgo de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria. A no ser que una política de conservación de ACNR vaya acompañada de un programa de educación alimentaria.

La Provincia de Puno y Chucuito en el departamento de Puno-Perú

Estas provincias se agrupan, de acuerdo a la asociación estadísticamente significativa entre sus niveles de agrobiodiversidad inter e intra-específica (muy bajos) y seguridad alimentaria (media) (Tabla 19 y 20). En un escenario *Trade off* QP-ACNR, se observa una variación positiva en la producción de QP, en este orden; VarQ1C1 y VarQ1C2 (Figura 32).

Aunque, sólo VarQ1C1 tendría impactos positivos sobre los ingresos, y una leve reducción en el autoconsumo, este último no afectaría tanto a esta población pues se caracteriza por bajos niveles de autoconsumo. En consecuencia, los productores de quinua con fincas tipo VarQ1C1, en este escenario, serían menos vulnerable a la inseguridad alimentaria, con respecto al acceso (ingreso) de alimentos. Estos productores representan el 4 por ciento de los productores de quinua del departamento de Puno y el 14 por ciento de los productores en Puno y Chucuito. Así también la reducción en el rendimiento de QP en esta población generaría decrementos en la oferta que no podría cubrir el 5 por ciento de la demanda, sin embargo, es poco probable tenga un efecto significativo sobre los consumidores locales y globales.

A pesar de que los productores de Puno y Chucuito reportan tener altos ingresos destinados a la alimentación; estos no superan el valor de una canasta básica familiar (Figura 40), pero

son suficientes para cubrir sus requerimientos nutricionales, que se manifiesta en un nivel medio de seguridad alimentaria, esto probablemente se deba a una buena a buenos hábitos alimenticios. Por lo tanto, se puede decir que si bien los ingresos no son grandes la seguridad alimentaria se mantiene, posiblemente debido a una buena cultura alimenticia. En un escenario de *Trade off* QP-ACNR, los ingresos agrícolas se mejoran; sin embargo, no llegan a superar la línea de pobreza extrema; Por lo tanto, se puede decir que este escenario es favorable para mejorar los niveles de seguridad alimentaria de la población, especialmente para la provincia de Chucuito.

Otros determinantes que influirían positivamente sobre el nivel medio de su seguridad alimentaria se encuentran; la cercanía hacia Juliaca (69.7km), el menor número de plagas, y la posibilidad de tener mejores accesos a programas sociales.

La Provincia de San Román y Azángaro en el departamento de Puno-Perú

Ambas provincias se agruparon, de acuerdo a la asociación estadísticamente significativa entre sus niveles de agrobiodiversidad inter e intra-específica (bajo) y seguridad alimentaria (muy baja). Se destaca la agrobiodiversidad inter-específica sobre la intra-específica. En un escenario *Trade off* QP-ACNR, se observa una variación positiva en la producción de QP en todas las fincas en este orden; VarQ1C3, VarQ1C2, VarQ1C1, VarQ2C2 y VarQ2C1 (Figura 33). Aunque el tipo de finca VarQ1C3, no tiene una asociación estadísticamente significativa con este grupo.

En este grupo de provincias, VarQ1C1 tendría impactos positivos sobre los ingresos y una ligera reducción en el autoconsumo. Los primeros podrían traducirse en una mejora del acceso a una diversidad de alimentos, y los segundos no afectan a esta población debido a su bajo nivel de autoconsumo. Por consiguiente, los agricultores con fincas VarQ1C1 tendrían un menor riesgo a la inseguridad alimentaria y representan el 1 por ciento de los agricultores a nivel departamental y el 2 por ciento a nivel de San Román y Azángaro. Así también la reducción en el rendimiento de QP no necesariamente genera una reducción de la oferta; y si bien no se podría cubrir el 5 por ciento de la demanda; esta situación, no generaría mayor impacto en los precios de QP en el mercado.

El nivel bajo de seguridad alimentaria en estas provincias se debe a los bajos ingresos destinados a la alimentación y al bajo autoconsumo de QP, Estos ingresos, no superarían el valor de una canasta básica familiar (Figuras 40). Sin embargo, en un escenario de *Trade off* QP-ACNR, los ingresos se incrementan significativamente, estos se deberían al efecto del tipo VarQ1C3, aunque este no tenga una asociación estadísticamente significativa con este grupo de provincias., mientras que es probable que VarQ1C1 también influya en un incremento significativo.

Según Pintado (2016), para el año 2012 el nivel de seguridad alimentaria en este grupo de provincias, en general fue bueno. El cambio, que se evidencia en este estudio, puede deberse a factores tales como; el avance de las ciudades y con ello el cambio de actividades económicas, es decir, los productores de quinua, pasaron de la agricultura a las actividades pecuarias, el comercio, la artesanía, el transporte; así también se habrían perdido áreas de cultivo, reduciéndose el número de tipos de quinua y cañihua presentes en la finca.

La mayor parte de la población en la provincia de San Román se concentra en su capital Juliaca, ciudad considerada el emporio comercial, financiero e industrial del sur del Perú. Cabe precisar que el nivel de la seguridad alimentaria que se reporta en este estudio se basa en los datos colectados de los productores de quinua y no sobre la población en general de las provincias; que, en el caso de San Román, a diferencia de las otras provincias, se caracterizan por tener un alto Índice de Desarrollo Humano (IDH).

La Provincia de Melgar y Huancané en el departamento de Puno-Perú

Ambas provincias se agruparon, de acuerdo a la asociación estadísticamente significativa entre sus niveles de agrobiodiversidad inter e intra-específica (alto) y seguridad alimentaria (muy bajos). En un escenario *Trade off* QP-ACNR, se observa una variación positiva en la producción de QP, en este orden; VarQ1C1, VarQ2C1, VarQ2C2 y VarQ1C2 (Figura 34).

Sólo el tipo de finca VarQ1C1 tendría impactos positivos sobre los ingresos y una ligera reducción en el autoconsumo de QP. Los primeros se traducirían en una mejora del acceso a una diversidad de alimentos; mientras el segundo no afectaría a la población debido a su bajo nivel de autoconsumo. A pesar de ello, los poseedores de este tipo de finca serían los menos vulnerables a la inseguridad alimentaria con respecto los otros tipos de finca; aunque

representen el 3 por ciento de los agricultores a nivel provincial y el 12 por ciento a nivel de Melgar y Huancané.

El nivel muy bajo de seguridad alimentaria en estas provincias se explica por los bajos ingresos destinados a la alimentación y el bajo nivel de autoconsumo de QP; además de estar relacionada con un nivel de pobreza extrema (Figuras 40). En un escenario de *Trade off* QP-ACNR los ingresos agrícolas se incrementan hasta superar ligeramente la línea de pobreza no extrema; mientras que los ingresos totales se incrementan significativamente por lo que se deduce que provienen de otras fuentes no agrícolas. Por lo tanto, la promoción de políticas de conservación en esta región podría, eventualmente, sacar de la pobreza a los agricultores, a través de la diversificación de productos principalmente para la oferta. Debido a que el incremento en los ingresos no garantiza la seguridad alimentaria, estas políticas de conservación podrían acompañarse de programas de educación nutricional.

En el caso específico de la provincia de Melgar, cuenta con un menor número de productores de quinua dado a que la actividad principal en la zona ha sido la ganadería. La representatividad de estos productores de quinua en la zona habría disminuido aún más, después del 2013; año en que la provincia de Melgar fue declarada como la capital ganadera del Perú (Ley N° 30031); sin embargo, coincidentemente, este mismo año fue declarado el año internacional de la Quinua; hecho que hubiese promovido que las fincas traten de conservar ambos tipos de actividades a la vez, de allí que se registre un nivel de agrobiodiversidad inter e intra específico muy altos. Los niveles de seguridad alimentaria siempre han sido bajos, registrándose al 2012 sólo valores del 30 por ciento; sin embargo, al 2017, estos habrían bajado aún más, dada la creciente demanda del mercado.

En el caso de Huancané, para el 2012 registró niveles de autoconsumo entre 30 y 60 por ciento (Pintado 2016). Que se traducen hoy en día en medios y altos con respecto a los registrados en la provincia de Melgar. El número de productores de quinua en Huancané es casi el doble al número que se registra para Melgar. Sin embargo, los niveles muy bajos de seguridad alimentaria que se registran en el grupo H4, se deberían a la heterogeneidad en su configuración topográfica que va desde los 3812 msnm hasta los 5000 msnm con áreas favorables para la producción de quinua, principalmente en áreas localizadas en la zona circunlacustre; mientras que en la zona de cordillera se destaca por la crianza de camélidos sudamericanos (Municipalidad Provincial de Huancané). En consecuencia, las áreas de

cultivo serían pequeñas distribuidas en un gran número de productores. Debido a esta razón es probable que también se priorice la producción para el autoconsumo y no para la venta.

4.7.2. Impacto de la conservación de la agrobiodiversidad sobre la seguridad alimentaria y producción a nivel regional.

Kozicka *et al.* (2018) y otros estudios respaldan la asociación directa que existe entre agrobiodiversidad y la seguridad alimentaria. Sin embargo, este estudio demuestra que estas relaciones no siempre se cumplen ya que dependen de varios factores. Por ejemplo, si evaluáramos el nivel de seguridad alimentaria alto (HSA2) y el nivel de agrobiodiversidad (diversificación agrícola) alta (H4), de manera independiente, sin contextualizar los datos, encontraríamos una asociación estadística significativa y sobrestimada ($\chi^2 = 54.4$, $P < 0.05$) (Tabla 20), mientras que la distribución espacial de estas correlaciones, en Puno-Perú ni siquiera vincula estas dos variables (HSA2-H4) (Figura 18 y 19). Así también, la provincia de Lampa, donde se localiza el tipo de finca con mayor diversificación de quinua y cañihua (VarQ3C3), se corresponde con un nivel de seguridad alimentaria bajo (HSA1) y un nivel de agrobiodiversidad intra e inter-específicos medio (H1); aunque no existe evidencia suficiente como para poder alcanzar esta conclusión, ya que VarQ3C3 sólo representa el uno por ciento de superficie cultivada a nivel departamental (Tabla 21).

Sin embargo, la aplicación del MBHA ha considerado el peso o representatividad de cada tipo de hogar (H1, H2, H3, H4) en el modelo a nivel departamental, y los resultados en cuanto a la oferta, el autoconsumo, los ingresos y el nivel de pobreza; muestran beneficios en la conservación de ACNR en las fincas tipo VarQ3C3 (1 por ciento) y VarQ1C3 (1 por ciento) para todas las variables. Pero también se evidencia que fuera de Lampa, el resto de las provincias no tienen estos tipos de finca; por lo que, desde el punto de vista de propuesta de política pública, representará un mayor riesgo económico sugerir la promoción de conservación de ACNR en toda la región cuando solo el 2 por ciento de ellos se beneficiaría a nivel de departamento.

Sin embargo, suponiendo exista dicha política (escenarios de *Trade off*); se espera que el nivel de rendimiento de QP, se reduzca dado la menor área de cultivo asignadas a QP para dar paso a la conservación de otros tipos de quinua, cañihua y otros cultivos u especies de la finca (ACNR) con un impacto sobre la producción, oferta, ingresos y autoconsumo y

demanda correspondientes. Bajo este supuesto los resultados muestran que la conservación de ACNR va de la mano de un incremento en la asignación de áreas de cultivo para tipos de fincas VarQ3C3 y VarQ1C3 las que a su vez generan mejoras significativas en la producción, e indicadores de oferta, ingresos, demanda y autoconsumo de QP; esto podría explicarse por la gran demanda actual por quinuas orgánicas y ecológicas. Otro tipo de finca que se destaca por las mejoras en sus indicadores es VarQ1C1 que, a diferencia de VarQ3C3 y Var Q1C3, tiene un sistema de cultivo exclusivamente intensivo y se encuentra distribuido en áreas de cultivo de todas las provincias en diferente proporción; Lampa y Collao (5 por ciento), Puno y Chucuito (14 por ciento), San Román y Azángaro (2 por ciento) y en Melgar y Huancané (12 por ciento). En consecuencia, el análisis a nivel de provincias con respecto al impacto de la conservación de ACNR sobre el grado de vulnerabilidad o riesgo a la inseguridad alimentaria (desde la perspectiva de acceso, disponibilidad y uso) dependerá de la presencia de estos tipos de finca en las provincias; ya que en mayor (VarQ3C3, VarQ1C3) o menor (VarQ1C1) medida estas fincas conservan niveles de ACNR y tienen impactos positivos frente a la implementación de una política de conservación de la agrobiodiversidad.

Un hallazgo importante develado durante la aplicación del MBHA fue las coincidencias entre los escenarios *YdChg* y *MinCB*, el primero simuló, arbitrariamente, una reducción en el rendimiento de QP en 10 por ciento en los sistemas de cultivos intensivos y en 30 por ciento en los extensivos; y el segundo simuló la mínima conservación de ACNR. Esta coincidencia casual sugiere que para alcanzar niveles mínimos de conservación de ACNR, los rendimientos actuales de QP deben de reducirse en 10 por ciento en los sistemas intensivos y en 30 por ciento en los sistemas extensivos a nivel regional. Esto sugiere que en el departamento de Puno existe una expansión en las áreas de cultivo con QP impactando la biodiversidad natural. Es posible, que los productores de quinua se sientan alentados por extender sus áreas de cultivo, a fin de alcanzar los rendimientos deseados y cubrir la demanda como una estrategia de adaptación; fenómeno que ya fue descrito por Green *et al* (2015). Por otro lado, las extensiones de estas áreas de cultivo hacia áreas con una biodiversidad natural generarían impactos que no necesariamente pueden ser negativos como lo sugiere el estudio de Desquilbet *et al.* (2017). No obstante, los rendimientos alcanzados bajo sistemas de cultivo intensivos tienen una alta probabilidad de generar impactos negativos sobre el aire, el suelo, el agua, la biodiversidad natural y la salud humana, generando altos costos externos. Aunque como lo refieren Mariyono *et al.* (2018), estos se deban principalmente al uso ineficiente o prácticas inadecuadas en el uso de los agroquímicos.

4.8. IMPLICANCIAS DE LAS POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD SOBRE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA, LA POBREZA, LOS INGRESOS AGRÍCOLAS Y EL AUTOCONSUMO, EN EL MARCO DE LOS OBJETIVOS DE LA AGENDA 2030

Los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), que se relacionan con esta investigación son;

ODS 1: “Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todas partes”

ODS 2: “*Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible*”

ODS 15: “*Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres...luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de la biodiversidad*”.

Hasta el año 2012, un año previo al año internacional de la quinua, El Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO), registró que el 43 por ciento de la superficie total de los cultivos, en Puno-Perú, se destinaba al autoconsumo. Sin embargo, según Pintado (2016), esto no garantizaba la estabilidad alimentaria del hogar, debido a la existencia de otras condiciones y características al interior de los hogares, como su desempeño en otras actividades económicas que generan ingresos complementarios que permitan el acceso a una canasta más variada de alimentos. A partir del año 2013, la quinua se comercializó como el “grano milagroso de los Andes”, generando una gran demanda internacional, lo cual condujo al alza de los precios, limitando su disponibilidad a los productores y el acceso a los consumidores locales; por ejemplo en Lima-Perú el precio de la quinua fue mayor en comparación con alimentos importados de menor valor nutricional (Crymes 2015). Mientras que los productores de quinua tuvieron que vender más de su cosecha y, en consecuencia, consumir menos; aunque se esperaba que los ingresos percibidos condujeran a mejorar su seguridad alimentaria esto no fue lo que sucedió, como lo reporta Gomez Pando & Eguiluz De La Barra (2011). Este comportamiento se explica por Block *et al.* (2004), que evidencia que cuando los precios de un cultivo se incrementan, las compras de los alimentos más nutritivos se reducen.

Puno-Perú, según los reportes del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (2012) y SIEN (2020) se encuentran entre los sectores de la población peruana con mayores deficiencias nutricionales y por ende son más vulnerables con respecto a su seguridad alimentaria. No obstante, en esta región se encuentran los productores de quinua, alpaqueros, comerciantes entre otros que tienen una dinámica con respecto a la seguridad alimentaria diferente. Hecho, que como lo propone Kapur (2015), difícilmente puede visibilizarse a través de evaluaciones nacionales. En este estudio hemos encontrado que los productores de quinua de Puno, que representan a una gran proporción de la población puneña, tienen un riesgo a la desnutrición calórico/proteico.

En consecuencia el impacto de la implementación de una política de conservación de ACNR sobre la producción (oferta) y seguridad alimentaria (ingreso, autoconsumo, demanda) en productores de quinua del departamento de Puno-Perú se explica por varios factores que interactúan y pueden compensarse entre sí; sin embargo, estos factores no se limitan a; i) la disponibilidad de la agrobiodiversidad existente en la finca, que pueden ayudar a compensar el acceso limitado a los mercados, a través del autoconsumo y ii) los ingresos agrícolas y no agrícolas, que pueden compensar la baja producción de QP, como lo propone (Kozicka *et al.* (2018), para quien los suministros internos que vienen de un tipo de finca con alta agrobiodiversidad de cultivos y los altos ingresos se traducen en altos niveles de seguridad alimentaria y resiliencia (capacidad de adaptación).

Este estudio, a diferencia de Kozicka *et al.* (2018), observa que la relación entre la agrobiodiversidad, ingresos y seguridad alimentaria no siempre es directa, debido a las características propias de cada provincia, como se describe a continuación;

- *Provincias de Lampa y Collao:* En las pequeñas fincas de estos productores de quinua predomina el cultivo de la quinua y cañihua, existe una predominancia de la agrobiodiversidad intraespecífica en sistemas de cultivo extensivo. En cuanto a su comportamiento alimentario, ellos tienen un alto autoconsumo de lo que producen y al parecer buena parte de los ingresos que perciben lo destinan a la compra de alimentos de calidad, diversificando su dieta. La provincia de Lampa reporta en áreas cultivadas a VarQ3C3 (5 por ciento), VarQ1C3 (5 por ciento) y VarQ1C1 (3 por ciento), mientras que el Collao reporta solo a VarQ1C1 (2 por ciento) a nivel provincial.

- *Provincias de Puno y Chucuito*: Las pequeñas fincas de estos productores de quinua tienen acceso a áreas urbanizadas de gran comercio, sin embargo, sus fincas, tienen un nivel de agrobiodiversidad intra e inter-específico muy bajo, su nivel de autoconsumo también es bajo, al igual que sus ingresos agrícolas, aunque buena parte de estos lo invierten en la alimentación, y tienen acceso a programas sociales que alivian sus necesidades nutricionales. Estos productores de quinua representan el 14 por ciento del área de cultivo VarQ1C1 a nivel provincial.
- *Provincias de San Román y Azángaro*: Las pequeñas fincas de estos productores de quinua tienen acceso a áreas urbanizadas de gran comercio; sin embargo, sus fincas, tienen un nivel de agrobiodiversidad bajo, donde predomina la agrobiodiversidad inter-específica. Aunque su nivel de autoconsumo es bajo, buena parte de sus ingresos lo invierten en la alimentación, aunque estos no son de calidad. Las áreas de cultivo con VarQ1C1 representan el 2 por ciento a nivel provincial.
- *Provincias de Melgar y Huancané*: Las fincas de estos productores se comparten con la ganadería en el caso de Melgar y con la crianza de camélidos en el caso de Huancané. Su nivel de agrobiodiversidad es alto inter e intra específicamente hablando. Estos productores se caracterizan por tener un bajo autoconsumo, y altos ingresos, aunque la fuente principal de estos últimos no son los agrícolas. Debido a sus indicadores de seguridad alimentaria se puede decir que acceden a alimentos de baja calidad nutricional. Las áreas de cultivo VarQ1C1 representan el 12 por ciento a nivel provincial.

Con respecto a la pobreza y la seguridad alimentaria, la FAO (2015) y otros autores como Trejos (2008) sugirieron que con la erradicación de la pobreza se garantizará la seguridad alimentaria. Sin embargo, este estudio no encuentra relación entre los niveles de seguridad alimentaria y la condición de pobreza en esta población de estudio. Los resultados, al igual que Zegarra (2016), muestran que los productores de quinua de Puno-Perú con pequeñas fincas están en situación de pobreza extrema (Figura 40), los cuales se suman a los 736 millones de personas que viven en pobreza extrema en el mundo (ONU 2019); a pesar de ello, los productores de quinua, tienen diferentes niveles de seguridad alimentaria, diferentes niveles de agrobiodiversidad inter e intra-específica, y diferentes grados de inserción

económica, este último según Williams *et al.* (2018) se encuentra influenciado a su vez por; i) la institucionalidad del sector agrario, ii) el nivel productividad de QP y ii) el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la agrobiodiversidad. Existente en la finca, factores que en conjunto determinan que los agricultores busquen otras actividades no-agrícolas, o migren hacia centros urbanos, como medidas de adaptación; hecho que pone en riesgo de vulnerabilidad alimentaria a la seguridad alimentaria global (FAO 2020).

Del mismo modo, un escenario favorable para ACNR y el rendimiento de QP (*Trade off* QP-ACNR), mejoraría sustantivamente los ingresos agrícolas de los productores de quinua; pero se reducirían, aunque ligeramente, los niveles de autoconsumo de QP. Estos incrementos se explican por el incremento en la oferta de productos, recordemos que la agrobiodiversidad, juega un papel importante no sólo para la alimentación, sino como fuente de combustible y medicamentos (Sasson y Malpica 2018). Este hecho mejoraría en consecuencia la seguridad alimentaria de los productores de quinua en la medida en que tengan prácticas de consumo de alimentos de calidad. Al parecer este último criterio con un nivel de agrobiodiversidad medio y alto, mejorarían y garantizarían niveles de seguridad alimentaria aceptables. Si bien los niveles de pobreza extrema no se asocien directamente a la seguridad alimentaria, el incremento en los ingresos mejora indicadores de pobreza de la población de estudio a nivel país.

Sin embargo, basándonos en la teoría del riesgo, que explica que a nivel de finca, un agricultor reacio al riesgo cambia sus actividades de producción para mitigar el impacto negativo de las políticas, las perturbaciones naturales y de mercado (Vigani y Berry 2018). Este estudio ha buscado capturar las estrategias de adaptación del productor de quinua de Puno-Perú a través de cambios en la organización de la finca ($VarQ_xC_y$) en un escenario de *Trade off* QP-ACNR. Los resultados muestran que la conservación de ACNR en los tipos de finca $VarQ3C3$ y $VarQ1C3$, que tienen un sistema de cultivo extensivo, impacta positivamente los indicadores de producción (Oferta) y de seguridad alimentaria (demanda, autoconsumo, ingresos); mientras que la conservación de ACNR en el tipo $VarQ1C1$, que tiene un sistema de cultivo intensivo, mejora todos los todos los indicadores, pero reduce en 6 por ciento el nivel de autoconsumo de QP. Mientras que para los otros tipos de finca los impactos son negativos.

No obstante, la distribución de los tipos de finca en las provincias y la proporción del área de cultivo que ocupan VarQ3C3, VarQ1C3 y VarQ1C1 determinan la eficacia y la eficiencia de la implementación de una política de conservación de la agrobiodiversidad en el departamento de Puno-Perú e influyen en la toma de decisiones de futuros emprendimientos con éxito. Por ejemplo, los tipos de finca VarQ3C3 y VarQ1C3, sólo se registran en la provincia de Lampa, y no alcanzaron significancia estadística de pertenencia al grupo de provincias Lampa-Collao, por el contrario, VarQ1C1 se encuentran distribuidos en toda la región, aunque ocupan diferente proporción de áreas de cultivo; todas estas características se resumen en la Tabla 23.

Tabla 23. Implicancias de la implementación de una política de conservación de la agrobiodiversidad sobre la población de estudio

Provincias	Nivel de agrobiodiversidad intra-interespecíficas	Nivel de seguridad alimentaria	Distribución /área de cultivo que ocupa	Mejora pobreza	Políticas de conservación ACNR	
					SI/NO	Observación
Lampa VarQ3C3	Alto (Intra/Inter)	Alta (Ingre/Autoc)	5% Provincia. 1% Depart.	SI	SI	-----
Lampa- Collao VarQ1C1	Medio (Intra/Inter)	Alta (Ingre/Autoc)	2% Provincia. 1% Depart.	SI	SI	Acompañadas de programas de educación alimentación saludable
Puno- Chucuito VarQ1C1	Muy bajo (Intra/Inter)	Medio (Ingre/Autoc)	14% Provincia. 4% Depart.	NO	NO	
San Román -Azángaro VarQ1C1	Bajo (Intra/Inter)	Muy bajo (Ingre/Autoc)	2% Provincia. 1% Depart.	SI	SI	Acompañadas de programas de educación alimentación saludable intensivo y constante
Melgar- Huancané VarQ1C1	Alto (Intra/Inter)	Muy bajo (Ingre/Autoc)	12% Provincia. 3 % Depart.	SI	SI	Acompañadas de programas de educación alimentación saludable intensivo y constante

Los porcentajes se calcularon en razón al área total cultivada por productores de quinua de subsistencia del departamento de Puno-Perú. El 39.25% del área total en el departamento se corresponde con productores de quinua de subsistencia que tienen su seguridad alimentaria asociada a la agrobiodiversidad intra e inter-específicas aunque estas no siempre son directas.

4.9. APORTES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Un aporte importante del estudio, es la adaptación del modelo conceptual de agrobiodiversidad que se realizó, el cual suma a los avances alcanzados por Louhichi *et al.* (2013) y Fernández *et al.* (2017) al Modelo Bioeconómico de Hogar Agrícola (MBHA). Por primera vez se evalúa el impacto de la implementación de una política de conservación de la agrobiodiversidad sobre indicadores de producción (oferta) y seguridad alimentaria (ingreso, autoconsumo, demanda), en un cultivo de importancia ecológica, económica y social, como es la quinua. Las revisiones bibliográficas realizadas, muestran que es poco lo

que se ha avanzado con respecto a la aplicación de MBHA para evaluar el impacto que tiene la agrobiodiversidad sobre la seguridad alimentaria; especialmente en ecosistemas específicos como los centros de origen y diversidad genética de cultivos de importancia para la alimentación local y global. Adicionalmente se ha podido contextualizar este impacto con indicadores de pobreza del país. Elementos importantes para la toma de decisiones y las propuestas de políticas en el marco de la Agenda 2030 de desarrollo sostenible.

V. CONCLUSIONES

- Los resultados del estudio evidencian que la promoción de una agricultura sostenible, a través de la conservación de la agrobiodiversidad, representados en este estudio, por el escenario de *Trade off* QP-ACNR, no siempre tiene impactos positivos sobre los indicadores de producción y seguridad alimentaria ya que estos dependen agrobiodiversidad basal de las fincas, de las prácticas agrícolas, el nivel de autoconsumo y la organización de la finca.
- Las fincas que tienen un sistema de cultivo extensivo (VarQ3C3 y VarQ1C3 en Lampa) evidencian una mejor respuesta frente a la implementación de una política de conservación de la agrobiodiversidad, tanto en los indicadores de producción, como en los de seguridad alimentaria, e incluso respecto a la condición de pobreza. Aunque futuros estudios ayudarían a comprender mejor su dinámica. Por otro lado, las fincas que tienen un sistema de cultivo intensivo (VarQ1C1 distribuido a través de todo el departamento) responden positivamente sobre los indicadores de producción e ingresos, aunque reduce en 6 por ciento los niveles de autoconsumo de QP.
- Si bien VarQ3C3 y VarQ1C3 podrían garantizar la seguridad alimentaria ya que no sólo incrementan significativamente los ingresos, sino el autoconsumo de QP; VarQ1C1 no garantiza la seguridad alimentaria; ya que el aumento en los ingresos no asegura que estos se usen en el acceso a alimentos de calidad. Así mismo, se encuentra que no existe una correspondencia directa entre la pobreza y la seguridad alimentaria bajo los indicadores establecidos por el INEI-Perú, ya que todos los productores encuestados se encuentran en la condición de pobreza extrema y tienen diferentes niveles de seguridad alimentaria.
- Con respecto, a la sostenibilidad de sistemas agrícolas en Puno-Perú que se centra en la quinua, se confirma que su auge a devenido en una tendencia creciente por convertir las tierras que una vez produjeron varios de sus tipos (agrobiodiversidad) en un monocultivo de un tipo quinua; a un punto en el que hoy, en base al análisis realizado, se tiene que reducir el 10 por ciento el rendimiento de QP bajo sistemas de cultivo intensivos y, en 30 por ciento bajo sistemas de cultivo extensivo para mantener una existencia mínima de ACNR. Este

hecho repercute significativamente sobre la implementación de una política de conservación de la agrobiodiversidad, ya que de implementarse solo beneficiaría, con éxito, al 10.8 por ciento de los hogares agrícolas de subsistencia que producen quinua en el departamento de Puno-Perú, que son los lugares donde se ha encontrado existe una relación directa entre la agrobiodiversidad y seguridad alimentaria.

- La adaptación del modelo conceptual de biodiversidad a un contexto agrícola (MBHA), suma a los avances alcanzados por modelos bioeconómicos similares. La metodología propuesta puede ser replicada para la evaluación del impacto de la agrobiodiversidad sobre la producción y seguridad alimentaria, en un vasto rango de condiciones espaciales, sociales y culturales y de prácticas. Esta metodología considera; la contextualización de los datos y la aplicación del MBHA; y con ella se cubre la brecha de conocimiento existente, con respecto a las herramientas de modelamiento que integran la agrobiodiversidad para evaluar la seguridad alimentaria y el comportamiento económico heterogéneo entre los agricultores y su condición de pobreza extrema.

VI. RECOMENDACIONES

- Los resultados que se exponen en este estudio contribuirán con la toma de decisiones acerca del impacto que tendrían la implementación de políticas públicas que incentiven la conservación de la agrobiodiversidad (conservación de ACNR-QP), con el fin de lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición en agricultores de subsistencia. La propuesta busca contribuir con los problemas que se plantean en los ODS1 (pobreza), ODS 2 (seguridad alimentaria) y los ODS 15 (protección de la biodiversidad) de la Agenda 2030.
- El Perú se caracteriza por una gran diversidad geográfica y cultural, no considerada en muchas de las políticas públicas. Dentro de la diversidad poblacional del país se encuentran los agricultores que, como se reporta en el informe 2019 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, representan un grupo poblacional pobre y vulnerable a la inseguridad alimentaria. En razón a ello, se recomienda promover la investigación en sistemas agrícolas rurales a fin de visibilizar la problemática local y sus repercusiones a nivel global, así como sus oportunidades.
- La propuesta de esta tesis permitirá encaminar los cursos de acción a fin de mitigar los problemas con respecto a la agrobiodiversidad y seguridad alimentaria considerando las características particulares de cada provincia. La evaluación experimental del impacto de una política de conservación de la agrobiodiversidad evidencia que de ser implementada a nivel regional, esta beneficiaría sólo al 10.8% de la población de pequeños productores de (quinua-cañihua) del departamento de Puno en términos de pobreza, ingresos y seguridad alimentaria y se realizaría un gasto eficiente de la inversión. Así mismo, identifica a la provincia de Lampa como potencial en recursos agrícolas y donde las políticas de conservación no sólo mejorarían los niveles de seguridad alimentaria, sacarían de la pobreza a agricultores de subsistencia y donde se desarrollarían nichos económicos importantes para el Perú. Si bien estos beneficiarios son poco representativos a nivel departamental (1%), sus características culturales y socioeconómicas son importantes para el Perú y el mundo y deja en evidencia cuánto de la agrobiodiversidad de la quenopodiáceas se ha perdido en la región; por lo que se recomienda puedan desarrollarse mayores estudios en esta zona.

- Por otro lado, esta tesis partió de la premisa que una política de conservación de la agrobiodiversidad favorece la seguridad alimentaria de los agricultores de subsistencia, tal como se ha demostrado en otros estudios y han justificado la implementación de varias acciones de gobierno. Sin embargo, nuestros resultados encuentran que la relación directa entre la agrobiodiversidad y la seguridad alimentaria no siempre se cumple. Debido a ello se recomienda el análisis *ex-ante*, con la metodología que se propone en esta tesis, en el emprendimiento de nuevas iniciativas como la “Gestión sostenible de la agrobiodiversidad y la recuperación de los ecosistemas vulnerables de las regiones andinas del Perú” del Ministerio del Ambiente que plantean entre los centros focales de intervención la región de Puno.
- Finalmente, en base a los resultados obtenidos en esta tesis, recomendamos acompañar las políticas que alienten la conservación de la agrobiodiversidad en hogares agrícolas de subsistencia productores de quinua en el departamento de Puno-Perú, con programas o estrategias que promuevan a su vez el autoconsumo de quinua y prácticas saludables de alimentación, a fin de garantizar las mejoras en la seguridad alimentaria en este grupo poblacional.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acs, S; Delincé, J; Gonzalez-Mellado, A; Sammeth, F. 2010. The Link between Agricultural and Rural Statistic and Agricultural Economic Modelling. Seville-Spain, European Commission. p. 1-14.

Ahmed, M.; Eman, B; Jabbar, MA; Tangka, F; Ehui, S. 2003. Economic and nutritional impacts of market-oriented dairy production in the Ethiopian highlands socio-economics and policy research. *In* Socio-economics and Policy Research Working Paper 51. Nairobi, Kenya, s.e. p. 27.

Alvarez, S; Paas, W; Descheemaeker, K; Tiftonell, P; Groot, J. 2014. Typology construction, a way of dealing with farm diversity General guidelines for Humidtropics. Report for the CGIAR Research Program on Integrated Systems for the Humid Tropics. *Plant Scie* (December):1-37.

Alvarez, S; Timler, CJ; Michalscheck, M; Paas, W; Descheemaeker, K; Tiftonell, P; Andersson, JA; Groot, JCJ. 2018. Capturing farm diversity with hypothesis-based typologies: An innovative methodological framework for farming system typology development. *PLoS ONE* 13(5):1-24. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194757>.

Anderson, E. 2016. Multiple dimensions of biodiversity and ecosystem processes: Exploring the joint influence of intraspecific, specific and interspecific diversity. *Journal of Theoretical Biology* 404:215-221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2016.06.004>.

Andrews, D. 2017. Race, Status, and Biodiversity: The Social Climbing of Quinoa. *Culture, Agriculture, Food and Environment* 39(1):15-24. DOI: <https://doi.org/10.1111/cuag.12084>.

Antle, JM; Diagana, B; Stoorvogel, JJ; Valdivia, RO. 2010. Minimum-data analysis of ecosystem service supply in semi-subsistence agricultural systems. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 54(4):601-617. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2010.00511.x>.

Argent, RM. 2004. An overview of model integration for environmental applications -

Components, frameworks and semantics. *Environmental Modelling and Software* 19(3):219-234. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(03\)00150-6](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(03)00150-6).

Banco Mundial. 2008. Informe Mundial: Agricultura para el desarrollo. Washington. DC., Mayol Ediciones S,A. y Mundi Prensa. 322 p.

Bazile, D; Martínez, EA; Fuentes, F. 2014. Diversity of quinoa in a biogeographical Island: A review of constraints and potential from arid to temperate regions of Chile. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 42(2):289-298. DOI: <https://doi.org/10.1583/nbha4229733>.

BCRP(a). 2019. Notas de estudios del BCRP. Lima- Perú, s.e. 1-29 p.

BCRP(b). 2016. Caracterización del departamento de Puno. s.l., s.e., vol.2. 1-7 p.

BCRP(c). 2018. PUNO: Síntesis de actividad económica. Puno, departamento de Estudios Económicos, vol.2017. 1-35 p.

Beattie, A; Hay, M; Magnusson, B; Nys, R; Smeathers, J; Vicent, J. 2011. Ecology and bioprospecting. *Bone* 36(3):341-356. DOI: <https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>.

Benin, S; Smale, M; Gebremedhin, B; Pender, J; Ehui, S. 2003. The determinants of cereals crop diversity on farms in the Ethiopian highlands. *In 25th International Conference of Agricultural Economists*, August. Durban, South Africa, s.e.

Block, SA; Kiess, L; Webb, P; Kosen, S; Moench-Pfanner, R; Bloem, MW; Peter Timmer, C. 2004. Macro shocks and micro outcomes: child nutrition during Indonesia's crisis (en línea). *Economics & Human Biology* 2(1):21-44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ehb.2003.12.007>.

Bretting, PK. 1990. New perspectives on the origin and evolution of new world domesticated plants: Introduction. *Economic Botany* 44(3 Supplement):1-5. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02860471>.

Brookfield, H; Padoch, C. 1994. Appreciating Agrodiversity: A Look at the Dynamism and Diversity of Indigenous Farming Practices (en línea). *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 36(5):6-45. DOI: <https://doi.org/10.1080/00139157.1994.9929164>.

- Brookfield, H; Stocking, M. 1999. Agrodiversity: Definition, description and design. *Global Environmental Change* 9(2):77-80. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(99\)00004-7](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(99)00004-7).
- Brown, A. 2008. Indicators of genetic diversity , genetic erosion and genetic vulnerability for plant genetic resources for food and agriculture. s.l., s.e. 26 p.
- Brussaard, L; Caron, P; Campbell, B; Lipper, L; Mainka, S; Rabbinge, R; Babin, D; Pulleman, M. 2010. Reconciling biodiversity conservation and food security: Scientific challenges for a new agriculture (en línea). *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2(1-2):34-42. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.03.007>.
- Calvo Sendín, JF; Esteve Selma, MA; López Bermúdez, F. 2000. Biodiversidad : contribución a su conocimiento y conservación en la región de Murcia. Universidad de Murcia; Instituto del Agua y el Medio Ambiente (eds.). Murcia, FG Graf. 324 p.
- Chenoune, R; Thomas, A; Komarek, AM; Gómez y Paloma, S; Flichman, G; Capillon, A; Belhouchette, H. 2017. Assessing consumption-production-resources nexus decisions for rice-focused agricultural households in Sierra Leone. *Land Use Policy* 67:597-607. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.06.014>.
- Claessens, L; Stoorvogel, J; Antle, J. 2010. Exploring the impacts of field interactions on an integrated assessment of terraced crop systems in the peruvian Andes. *Journal of Land Use Science* 5(4):259-275. DOI: <https://doi.org/10.1080/1747423X.2010.500687>.
- Crymes, AR. 2015. The international footprint of Teff : Resurgence of an ancient Ethiopian grain. *Arts & Sciences Electronic Theses and Dissertations*. 394:1-99.
- Delgado Mamani, P. 2005. Distribución y abundancia de especies de «gorgojo de los andes» (Coleoptera: Curculionidae) en zonas agroecológicas circunlacustrte y suni de Puno. s.l., Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú. .
- Desquilbet, M; Dorin, B; Couvet, D. 2017. Land Sharing vs Land Sparing to Conserve Biodiversity: How Agricultural Markets Make the Difference (en línea). *Environmental Modeling and Assessment* 22(3):185-200. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10666-016-9531-5>.
- Dia Sow, F. 2010. Intra-household resource allocation and well-being. The case of rural households in Senegal. s.l., Wageningen. 1-273 p.
- Dirección General de la República. (2019). Carpeta georeferencial departamento de Puno

Perú. Lima-Perú, s.e.

Dominguez Curi, CH; Aguilar Esenarro, LA. 2015. Requerimiento de energía para la población Peruana. Lima- Perú, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. 1-60 p.

Ericksen, P; Ingram, J; Llverman, D. 2010. Food Security and Global Environmental Change. *Environmental Science & Policy* 12:373-377.

FAO(a). 2004. What is agrobiodiversity? (en línea). Roma-italia, s.e. Consultado 3 feb. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/3/y5609e/y5609e00.htm#Contents>.

FAO(b). 2018. Agrobiodiversity. A training manual for farmer groups in east Africa. s.l., s.e. 1-196 p.

FAO(c). 2020. La agricultura familiar tiene un rol clave en la seguridad alimentaria de América Latina y el Caribe | FAO (en línea, sitio web). Consultado 19 feb. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/en/c/230328/>.

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>.

Frech, A; Damaske, S. 2017. Agrobiodiversity as mediterranean agrarian heritage. *EUROPEAN POLICY BRIEF*. :1-11. DOI: <https://doi.org/10.1177/0022146512469014>.

Gamboa, C; Schuster, M; Maertens, M; Schrevens, E. 2017. The Quinoa Boom and the Welfare of Smallholder Producers in the Andes. *In Bioeconomics Working Paper Series*. s.l., s.e. p. 36.

Gamboa, C; Schuster, M; Schrevens, E; Maertens, M. 2020. Price volatility and quinoa consumption among smallholder producers in the Andes. *Scientia Agropecuaria* 11(1):113-125. DOI: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.13>.

Gaston, KJ; Spicer, JL. 2004. Biodiversity: an introduction. Second Edi. s.l., Blackwell Publishing, vol.122. 361 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.07.009>.

Ghafari, S; Ghorbani, A; Moameri, M; Mostafazadeh, R; Bidarlord, M. 2018. Composition and structure of species along altitude gradient in Moghan-Sabalan rangelands, Iran. *Journal of Mountain Science* 15(6):1209-1228. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11629-017-4820-2>.

Gliessman, SR. 2002. Agroecología : procesos ecológicos en agricultura sostenible. 1ra ed.

- Rodriguez, E; Bensjamín, T; Rodríguez, L; Cortés, A (eds.). Turrialba, CATIE. 359 p.
- Gobierno Regional de Puno. 2013. Plan de Desarrollo Regional Concertado Puno al 2021 (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://www.regionpuno.gob.pe/descargas/planes/actualización-pdrc-2021/PARTE-I-puno-28-2014-pdrc-al-2021.pdf>.
- Gomez-Pando, L; Mujica, A; Chura, E; Canahua, A; Perez, A; Tejada, T; Villantoy, A; Poccio, M; Gonzales, V; Marca, S; Ccoñas, W. 2014. Estado del arte de la Quinoa en el mundo en 2013. s.l., Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1-16 p.
- Gomez Pando, LR; Eguiluz De La Barra, AL. 2011. Catálogo del Banco de germoplasma de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Molina, UNA la (ed.). s.l., Ministerio del Ambiente. 184 p.
- Granado Lorenzo, C. 2007. Avances en ecología : hacia un mejor conocimiento de la naturaleza. Sevilla, Universidad de Sevilla. 228 p.
- Green, RE; Cornell, SJ; Scharlemann, JPW; Balmford, A. 2005. Farming and the fate of wild nature. *Science* 307(5709):550-555. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1106049>.
- Halffter, G. 1994. ¿Qué es la biodiversidad? *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural* 62:5-14.
- Heckelei, T; Britz, W. 2000. Positive Mathematical Programming with Multiple Data Points: A Cross-Sectional Estimation Procedure (en línea). 57:27-50. Consultado 20 ago. 2017. Disponible en <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01200922>.
- Hengsdijk, H; van Ittersum, MK. 2003. Dynamics in input and output coefficients for land use studies: a case study for nitrogen in crop rotations (en línea). *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 66(3):209-220. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1024418630127>.
- High Level Panel of Experts. 2016. Sustainable agricultural development for food security and nutrition: what roles for livestock? (en línea). *HLPE Report 10 (July):140*. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_Reports/HLPE-Report-10_EN.pdf.
- Howitt, RE. 2005. *Agricultural and Environmental Policy Models: Calibration, Estimation and Optimization*. :207.

- INEI(a). 2018. Agrario. Lima- Perú, Compendio Estadístico Perú 2018.
- INEI(b). 2018. Características de la Población. Lima- Perú, Perú: Perfil Sociodemográfico, 2017.
- INEI(c). 2019. Evolución de la Pobreza Monetaria 2007-2018. Lima-Perú, Instituto Nacional de Estadística e Informática. 1-181 p.
- INEI(d). 2017. Modelling Agri-Food Policy Impact at Farm-household. Lima- Perú, Instituto Nacional de Estadística e Informática. 604 p.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA). 2015. El mercado y la producción de quinua en el Perú. Lima-Perú, INIA-ICCA. 172 p.
- Janssen, S; van Ittersum, MK. 2007. Assessing farm innovations and responses to policies: A review of bio-economic farm models. *Agricultural Systems* 94(3):622-636. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2007.03.001>.
- Janvry, A De; Sadoulet, E. 2006. Progress in the Modeling of Rural Households' Behavior under Market Failures. *In de Janvry, A; Kambur, R (eds.)*. New York- U.S, Kluwer. p. 155-181 DOI: https://doi.org/10.1007/0-387-29748-0_9.
- Jarvis, DI; Hodgkin, T. 2008. The maintenance of crop genetic diversity on farm: Supporting the convention on biological diversity's programme of work on agricultural biodiversity. *Biodiversity* 9(1-2):23-28. DOI: <https://doi.org/10.1080/14888386.2008.9712876>.
- Jones, JW; Antle, JM; Basso, B; Boote, KJ; Conant, RT; Foster, I; Godfray, HCJ; Herrero, M; Howitt, RE; Janssen, S; Keating, BA; Munoz-Carpena, R; Porter, CH; Rosenzweig, C; Wheeler, TR. 2017. Brief history of agricultural systems modeling (en línea). *Agricultural Systems* 155(June):240-254. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.05.014>.
- Kankwamba, H; Kadzamira, M; Pauw, K. 2018. How diversified is cropping in Malawi? Patterns, determinants and policy implications (en línea). *Food Security* 10(2):323-338. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12571-018-0771-x>.
- Kapur, D. 2015. Agriculture, food and nutrition security. s.l., Woodhead Publishing Limited. p. 844-878 DOI: <https://doi.org/10.1533/9780857093905.844>.
- King, RP; Lybecker, DW; Regmi, A; Swinton, SM. 1993. Bioeconomic models of crop production systems: design , development , and use. *Review of Agricultural Economics*

15(2):389-401.

Komarek, A dam M; Drogue, S; Chenoune, R; Hawkins, J; Msangi, S; Belhouchette, H; Flichman, G. 2017. Agricultural household effects of fertilizer price changes for smallholder farmers in central Malawi. *Agricultural Systems* 154:168-178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.03.016>.

Kozicka, M; Groot, J; Gotor, E. 2018. The role of agrobiodiversity in strengthening the resilience of small-scale farmers: biophysical and economic trends towards 2050. *In Science Forum - Case Studies*. Italia-Roma, CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). p. 1-7.

Kruseman, G. 2000. *Bio-economic Household Modelling for Agricultural Intensification*. s.l., Wageningen University. 1-281 p.

Kuncoro, SA; van Noordwijk, M; Chandler, F. 2004. Rapid Agrobiodiversity Assessment (RABA): A tool to capture the understanding and knowledge of stakeholders on the benefits of agrobiodiversity (en línea). Working Paper (September):8. Disponible en <http://www.katoombagroup.org/documents/tools/ICRAF - Player Identification.pdf>.

León Hanco, JM. 2003. Cultivo de la Quinoa en Puno-Perú descripción , manejo y producción. *Ciencias Agrarias Una Puno* :67.

Louhichi, K; Gomez y Paloma, S. 2014. A farm household model for agri-food policy analysis in developing countries: Application to smallholder farmers in Sierra Leone. *Food Policy* 45:1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.10.012>.

Louhichi, K; Gomez y Paloma, S; Belhouchette, H; Allen, T; Fabre, J; Fonseca, MB; Chenoune, R; Acs, S; Flichman, G. 2013. *Modelling Agri-Food Policy Impact at Farm-household Level in Developing Countries (FSSIM-DEV) Application to Sierra Leone*. K, L; Gómez y Paloma, S (eds.). Luxembourg, European Commission. 1-130 p. DOI: <https://doi.org/10.2791/14527>.

Mariyono, J; Kuntariningsih, A; Suswati, E; Kompas, T. 2018. Quantity and monetary value of agrochemical pollution from intensive farming in Indonesia. *Management of Environmental Quality: An International Journal* 29(4). DOI: <https://doi.org/10.1108/MEQ-03-2017-0030>.

Medina, W; Skurtys, O; Aguilera, JM. 2010. Study on image analysis application for

identification Quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd) geographical provenance. *LWT - Food Science and Technology* 43(2):238-246. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.07.010>.

Morales Jacob, JE. 2004. Aplicación e interpretación de técnicas de reducción de datos según escalamiento óptimo. s.l., Universidad de Chile. 1-90 p.

Murphy, G; Donoghue, CO; Hynes, S; Murphy, E. 2014. Modelling the Participation Decision in Agri-Environmental Schemes. *In* EAAE 2014 Congress «Agri-Food and Rural Innovations for Healthier Societies». Ljubljana, National University of Ireland. p. 19.

Murtagh, F; Legendre, P. 2011. Ward 's Hierarchical Clustering Method: Clustering Criterion and Agglomerative Algorithm. (May):21.

Naciones Unidas. 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica. s.l., s.e. 30. p.

Naciones Unidas; CEPAL. s. f. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe (en línea). . Consultado 3 jun. 2017. Disponible en <http://www.sela.org/media/2262361/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf>.

Novikova, A; Startiene, G. 2018. Research for rural development 2018 Vol 2. *In* Análisis of farming system outputs and methods of their evaluation. Jelgava, Latvia University of Life Sciences and Technologies. p. 138-145 DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(76\)90039-7](https://doi.org/10.1016/0016-7185(76)90039-7).

ONU. (2019). Informe de los objetivos del desarrollo sostenible 2019 (en línea). Nueva York, s.e. Disponible en https://ods.org.mx/docs/doctos/SDG_Report2019_es.pdf.

Pedroni, L; Morera Jiménez, M. (2002). Biodiversidad, el problema y los esfuerzos que se realizan en Centroamérica. Turrialba, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza- CATIE.

Perez-Rea, D; Antezana-Gomez, R. 2018. The Functionality of Pseudocereal Starches (en línea). *Starch in Food* :509-542. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100868-3.00012-3>.

Perfecto, I; Vandermeer, J. 2012. Separación o integración para la conservación de biodiversidad: la ideología detrás del debate «land- sharing» frente a «land-sparing». *Ecosistemas* 21(1-2):180-191. DOI: <https://doi.org/10.7818/re.2014.21-1-2.00>.

Phalan, B; Balmford, A; Green, RE; Scharlemann, JPW. 2011. Minimising the harm to biodiversity of producing more food globally (en línea). *Food Policy* 36(SUPPL. 1):S62-S71. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.11.008>.

Pintado, M. 2016. *Agricultura familiar y situación alimentaria en Puno*. Primera ed. s.l., Centro Peruano de Estudios Sociales. 34 p.

Quaranta, G; Salvia, R. 2003. A bio-economic model to simulate farmers behaviour in a Mediterranean desertification risky area : data needs and empirical evidence. *In* *scape*. Soil Conservation and Protection for Europe. Potenza, Soil Conservation And Protection for Europe-Scape. p. 159-168.

Quétier, F; Tapella, E; Conti, G; Cáceres, D; Díaz, S. 2007. Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. *Gaceta ecológica* :17-27. DOI: <https://doi.org/1405-2849>.

Regmi, A; Lara, TR; Kleinwechter, U; Conwell, A; Gotor, E. 2016. Integrating biodiversity and ecosystem services into the economic analysis of agricultural systems. *Biodiversity International. Impact Assessment Discussion* 15. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4190.3767>.

Robinson, RG; Station, AE. 1986. Amaranth, quinoa, ragi, tef, and niger: Tiny seeds of ancient history and modern interest. *Station Bulletin* AD-SB-2949 .

Rojas Lara, T; Regmi, A; Kleinwechter, U. 2015. Literature review on the integration of ecosystem services in agricultural economic models. *Biodiversity International* :1-30. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3542.0887>.

Rojas, W; Soto, JL; Pinto, M; Jäger, M; Padulosi, S; (editores). 2010. *Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*. Roma, Italia, Biodiversity International. 186 p.

Russell, NP; Pascual, U; Omer, AA. 2006. Economics and biodiversity in intensively managed agro-ecosystems. *In* *International Association of Agricultural Economists Conference*. Australia, s.e. p. 17.

Saravia Matus, S. (2016). *Literature Review report and proposal for an international framework for farm typologies*. s.l., s.e.

Sasson, A; Malpica, C. 2018. Bioeconomy in Latin America. *New Biotechnology* 40:40-45.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.07.007>.

Schreinemachers, P. 2005. The (Ir)relevance of the crop yield gap concept to food security in developing countries-with an application of multi agent modeling to farming systems in Uganda. Germany, s.e. 206 p.

Seale, J; Regmi, A; Bernstein, J. 2003. International Evidence on Food Consumption Patterns. Economic Research Service, USDA, Technical Bulletin 1904 (43):70.

SIEN. 2020. Vigilancia del Sistema de Información del Estado Nutricional (en línea, sitio web). Consultado 14 feb. 2020. Disponible en <https://web.ins.gob.pe/es/alimentacion-y-nutricion/vigilancia-alimentaria-y-nutricional/vigilancia-del-sistema-de-informacion-del-estado-nutricional-en-EESS>.

Silva Sologuren, JA; Cuadra, Castillo, I; Vargas Winstanley, S; Ruiz Zá, S. (2012). Mapa de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria 2012. Lima- Perú, Fondo para el logro de los ODS.

Sistema Integrado de Estadística Agraria. 2016. Boletín Estadístico de Medios de Producción Agropecuarios (en línea). Boletín Estadístico de Medios de Producción Agropecuarios :25. Disponible en <http://siea.minag.gob.pe/siea/?q=publicaciones/boletin-estadistico-de-medios-de-produccion-agropecuarios>.

Smith, O.; Petersen, G.; Needelman, B. 2000. Environmental indicators of agroecosystems. *Advances in Agronomy* 69:75-97.

Sundar, I. 2016. Bioeconomic Models in Agriculture. *National Academy of Agricultural Science* 34(8):1-16.

Tapia, M. 2013. Diagnóstico de los ecosistemas de montañas en el Perú. s.l., FAO - MINAM. 1-61 p.

Tapia, ME; Fries, AM. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. Mazar, I; Rosell, C (eds.). s.l., FAO y ANPE. Lima-Perú. 221 p.

Taylor, JE; Adelman, I. 2003. Agricultural Household Models: Genesis, Evolution, and Extensions. *Review of Economics of the Household* 1(1):33-58. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1021847430758>.

Tillie, P; Louhichi, K; Gomez-y-paloma, S. 2016. Modelling the farm household impacts of

a small irrigation program in Niger. *In* 5th International Conference of AAAE. Sevilla, s.e. p. 19.

Trejos, RA. 2008. Crisis en los precios de alimentos, pobreza y seguridad alimentaria. *In* XXVI Curso Interdisciplinario en Derechos Humanos organizado por Instituto Interamericano de Derechos Humanos. San José-Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. p. 19.

Tsai-wei, C. 2016. Linking a whole farm model to household labour and economics of smallholder farmers – a case study in Northwest Vietnam. s.l., Wageningen University Linking. 40 p.

Turrillas, J; López Ramón, F. 2016. La protección de la biodiversidad: estudio jurídico de los sistemas para la salvaguarda de las especies naturales y sus ecosistemas. Madrid, Dykinson. 332 p. DOI: <https://doi.org/http://www.jstor.org/stable/j.ctt1k857vk>.

Ulian, T; Sacandé, M; Hudson, A; Mattana, E. 2017. Conservation of indigenous plants to support community livelihoods: the MGU–Useful Plants Project. *Journal of Environmental Planning and Management* 60(4):668-683. DOI: <https://doi.org/10.1080/09640568.2016.1166101>.

Vigani, M; Berry, R. 2018. Farm economic resilience, land diversity and environmental uncertainty. *In* 30th International Conference of Agricultural Economists -July28-August 2, 2018 Vancouver. s.l., s.e. p. 1-32.

van Vliet, N; Fa, J; Nasi, R. 2015. Managing hunting under uncertainty: From one-off ecological indicators to resilience approaches in assessing the sustainability of bushmeat hunting. *Ecology and Society* 20(3):7. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-07669-200307>.

Van Wijk, MT. 2014. From global economic modelling to household level analyses of food security and sustainability: How big is the gap and can we bridge it? (en línea). *Food Policy* 49(P2):378-388. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.10.003>.

Van Wijk, MT; Rufino, MC; Enahoro, D; Parsons, D; Silvestri, S; Herrero, M. (2012). A review on farm household modelling with a focus on climate change adaptation and mitigation. Copenhagen, s.e. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

Van Wijk, MT; Rufino, MC; Enahoro, D; Parsons, D; Silvestri, S; Valdivia, RO; Herrero, M. 2014. Farm household models to analyse food security in a changing climate : A review.

Global Food Security :8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2014.05.001>.

Van Wijk, MT; Rufino, MC; Enahoro, D; Parsons, D; Silvestri, S; Valdivia, RO; Herrero, M; Valdivia, RO; Herrero, M. (2012). A review on farm household modelling with a focus on climate change adaptation and mitigation (en línea). Copenhagen, CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

Williams, NE; Carrico, AR; Edirisinghe, I; Jayamini Champika, PA. 2018. Assessing the Impacts of Agrobiodiversity Maintenance on Food Security Among Farming Households in Sri Lanka's Dry Zone. *Economic Botany* 72(2):196-206. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-018-9418-2>.

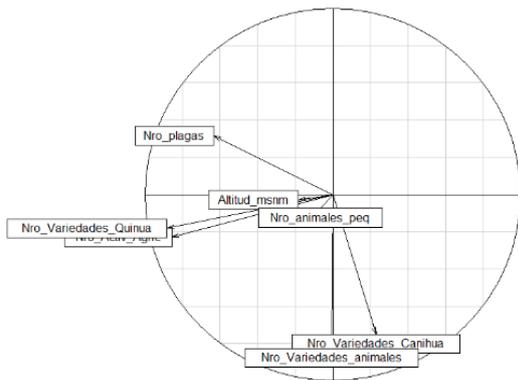
Zegarra, E. 2016. Pobreza Agraria y Shock de Ingresos en Puno: un Análisis de la ENAHO. *Semestre Económico* 5(1):27-46.

Zhukova, Y; Petrov, P; Demikhov, Y; Mason, A; Korostynska, O. 2017. Milk Urea Content and $\delta^{13}\text{C}$ as Potential Tool for Differentiation of Milk from Organic and Conventional Low- and High-Input Farming Systems. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 5(9):1044. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i9.1044-1050.1286>.

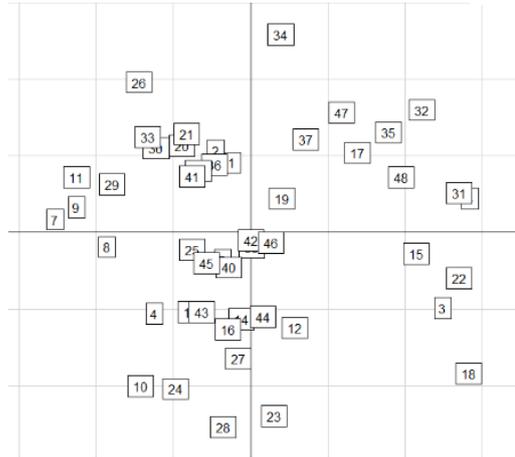
VIII. ANEXOS

Anexo 1. Circulo de correlación de variables de agrobiodiversidad y plano principal. A y B corresponden al análisis de PC1 y PC2. C y D corresponden a PC1 y PC3.

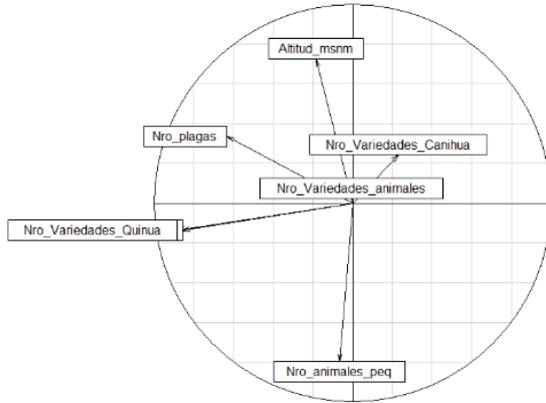
A



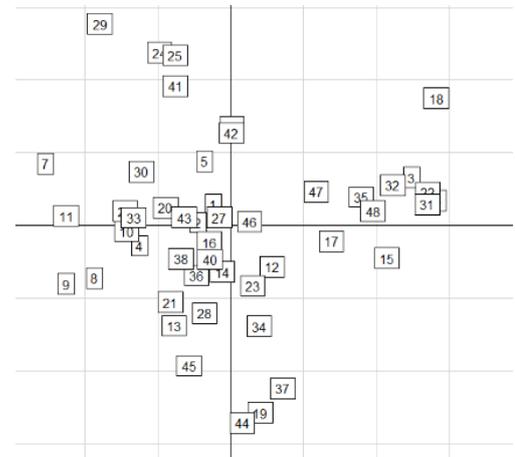
B



C

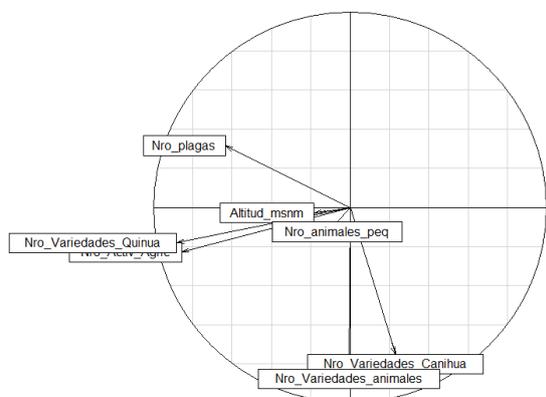


D

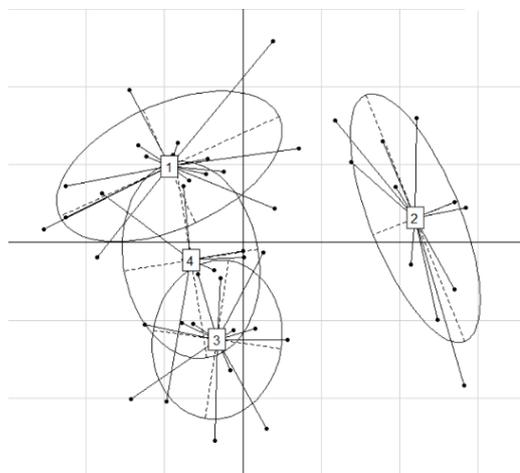


Anexo 2. Resultados del Análisis de Componentes Principales y Clúster Jerárquico para la agrobiodiversidad. Se muestra la formación de cuatro grupos o clúster.

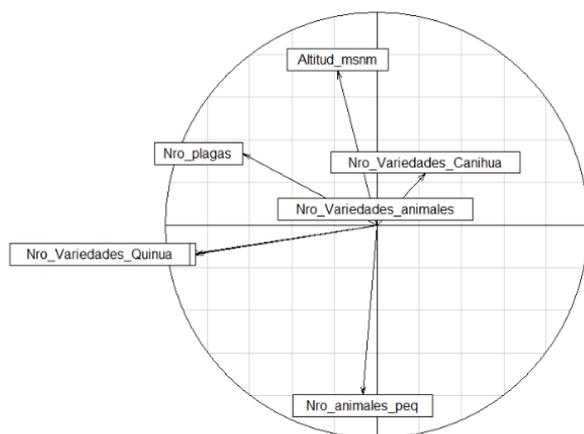
A



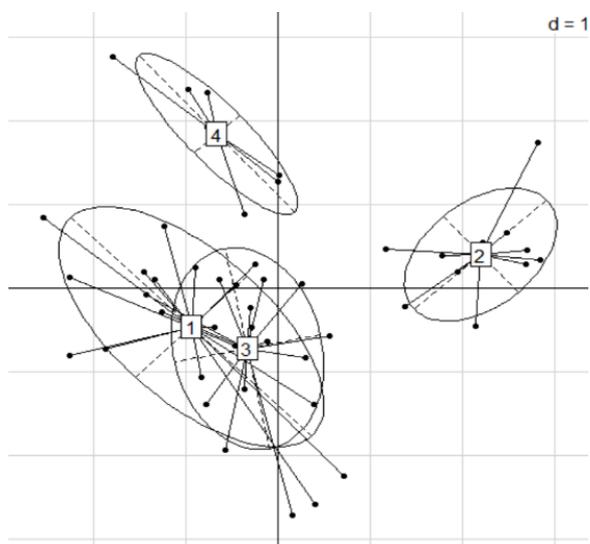
B



C

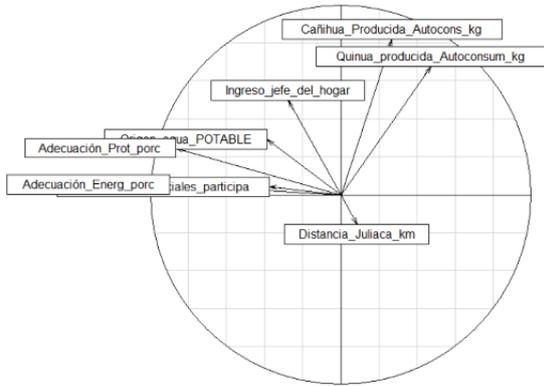


D

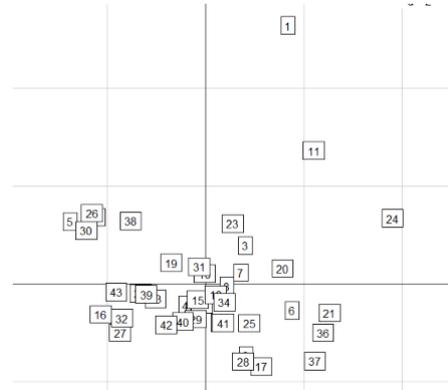


Anexo 3. Circulo de correlación de variables de seguridad alimentaria y plano principal de encuestados. A y B corresponden a PC1 y PC2. C y D corresponden a PC1 y PC3. E y F corresponden a PC1 Y PC4.

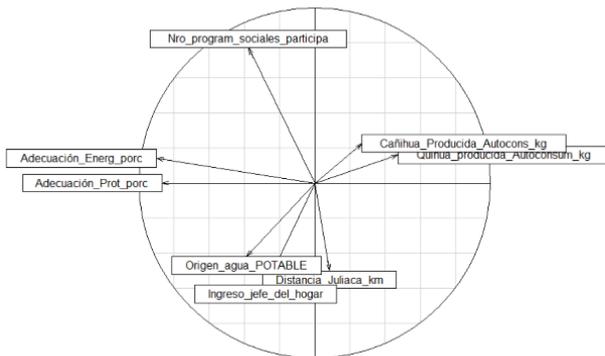
A



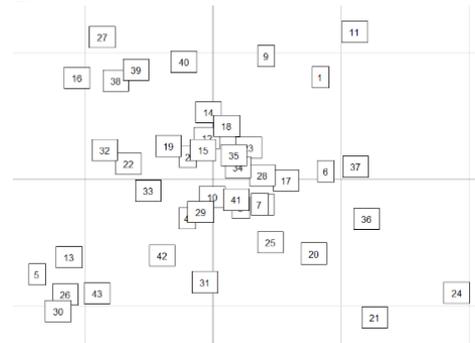
B



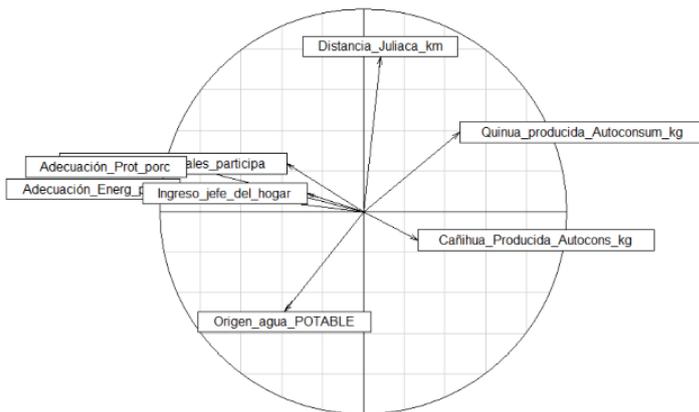
C



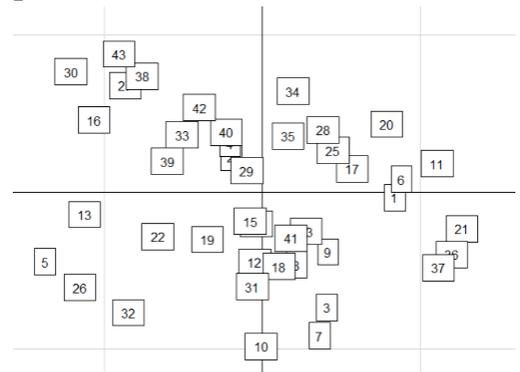
D



E

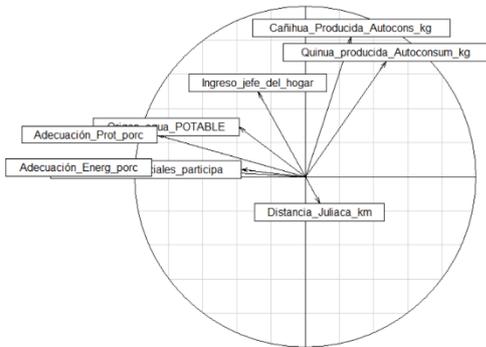


F

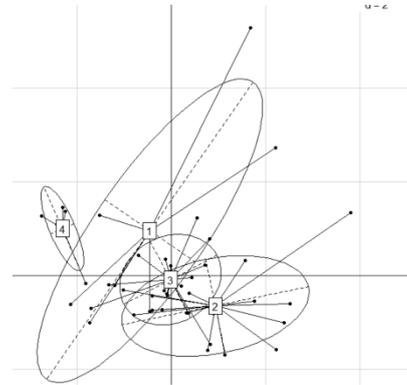


Anexo 4. Resultados del Análisis de Componentes Principales y Clúster Jerárquico para la seguridad alimentaria. Se muestra la formación de cuatro grupos o clúster.

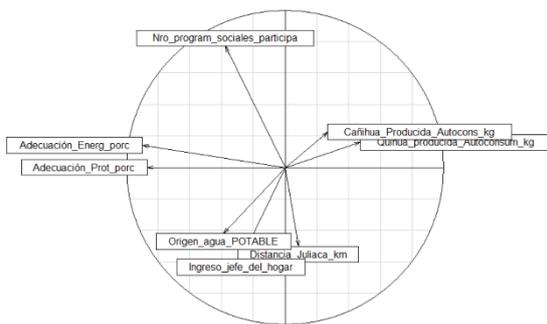
A



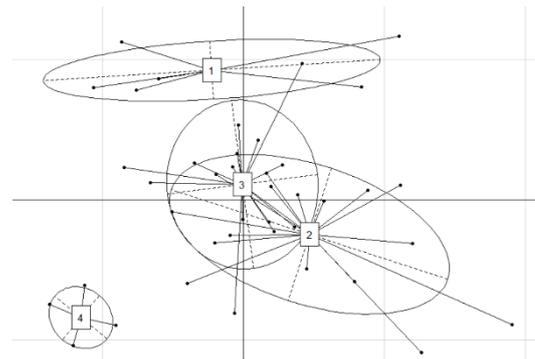
B



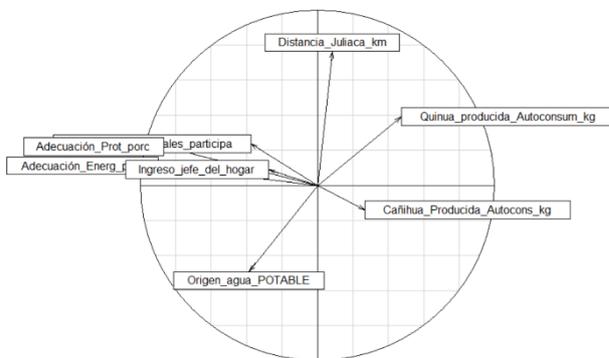
C



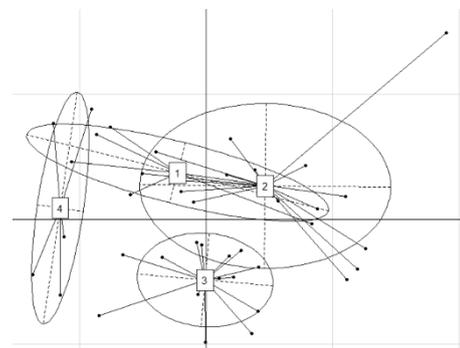
D



E



F



Anexo 5. Variables analizadas para caracterizar a los agricultores de quinua en función a los clústeres de biodiversidad y seguridad alimentaria.

N°	Variables	Categoría	N°	Variables	Categoría
1	Provincia (8)		9	Distancia_Juliaca (km)	1. Muy cercano
2	Distrito (50)				2. Cerca
3	Cluster Biodiversidad	1. Alta inter_ alta intra 2. Alta inter_ baja intra 3. Baja inter_ alta intra 4. Baja inter_ baja intra			3. Media 4. Lejos 5. Muy lejos
4	Cluster Segu_Alím	1. Alto ingreso_ Alto autoconsumo 2. Alto ingreso_ Bajo autoconsumo 3. Bajo ingreso_ Alto autoconsumo 4. Bajo ingreso_ Bajo autoconsumo	10	Score_HDD	1. Muy baja 2. Baja 3. Media 4. Alta 5. Muy alta
5	Edad	1. Joven 2. Adulto 3. Adulto Mayor	11	Nro_ actividades_jefe del hogar	1. 1 2. 2 3. 3
6	Participacion_mujer	1. Muy buena 2. Buena 3. Mala 4. Muy mala	12	Nro_program_sociales_participa	1. Ninguno 2. or lo menos 1 3. Más de 1
7	Educacion_años	1. Muy baja 2. Baja 3. Media 4. Alta 5. Muy alta	13	Origen_agua (POTABLE %)	1. Más del 50 % 2. Menos del 50 % 3. No cuenta con agua potable
8	Densidad poblacional (hab/km ²)	1. Muy baja 2. Baja 3. Media 4. Alta	14	Adecuación_Energ_porc	1. Déficit 2. Normal 3. Exceso
			15	Adecuación_Prot_porc	1. Déficit 2. Normal 3. Exceso
			16	Ingreso_jefe del hogar	1. Sobre_RMVM

N°	Variables	Categoría	
		5. Muy alta	2. Igual_RMVM 3. Debajo_RMVM
17	Altitud_msnm	1. >=4000msnm 2. >=3000msnm	
18	Nro_plagas	1. Más de 2 2. Por lo menos 1 3. Ninguno	
19	Nro_Variedades_Quinoa	1. Hasta 3 variedades 2. De 4 a 7 variedades 3. De 7 a 10 variedades	
20	Nro_Variedades_Cañihua	1. Por lo menos 1 2. Más de 2 variedades	
21	Nro_Variedades_animales	1. Hasta 3 variedades 2. Más de 4 variedades	
22	Nro_animales_peq	1. Ninguno 2. Por lo menos 1 3. Más de 2 variedades	
23	Rend_Qtotal_t_ha	1. Bajo Rendimiento 2. Rendimiento medio 3. Alto rendimeinto	
24	Rend_Ctotal_t_ha	1. Bajo Rendimiento 2. Rendimiento medio 3. Alto rendimeinto	
25	Tractor	1. Si 2. No	

Anexo 6. Encuesta Aplicada Octubre -2017 a 461 productores de quinua del departamento de Puno (contiene: encuesta y cartilla para la evaluación de cantidades consumidas de los alimentos).



CÓDIGO ENCUESTA:
N° _____

LÍNEA 2 : AGROBIODIVERSIDAD DE GRANOS ANDINOS EN LA REGIÓN PUNO – PERÚ

Tesis 1: Eficiencia económica y ambiental en la producción de quinua y su biodiversidad
Tesis 2: Aporte de la biodiversidad de granos andinos a la seguridad alimentaria de productores de quinua

Los datos expresados en la presente encuesta serán utilizados únicamente para fines académicos

SECCIÓN I. IDENTIFICACIÓN DEL HOGAR

Provincia	_____	Distrito	_____
Hogar ID	_____	Centro Poblado/Comunidad	_____

El encuestado debe de ser el productor agropecuario que cultivó quinua en la última campaña (2016)

SECCIÓN II. ESTRUCTURA AGRARIA

La "extensión", "Cantidad Producida" y el "Precio de venta" deben tener unidades equivalentes.

Marque (x) los cultivos sembrados en la última campaña	Extensión por cultivo			Cantidad producida por cultivo		Cuánto de lo producido se destinó al autoconsumo		Cuánto de lo producido se destina a la venta		A cuánto estuvo el precio de venta <small>Expresado en soles por Ho</small>	Marcar (x) los Cultivos bajo riego	% en relación a cada cultivo bajo riego
	Unidades de Medida: 1. Acres 2. Hectáreas 3. Metros cuadrados 4. Yerdas 5. Otro			Unidades de Medida 1. Kg. 2. Tonelada, (vacío/lleno)		3. Arobacas	4. Manajo	5. Saco	6. Otro			
	Ho	Cant	Unid med	Cant	Unid med	Cant	Unid med	Cant	Unid med			
1. Quinua												
2. Cañihua												
3. Papa												
4. Haba												
5. Avena												
6. Cebada												
7. Izaño (Mashua)												
8. Oca												
9. Otros _____												
10. Otros _____												
TOTAL												

<p>1. ¿Hay algún cultivo que se cosecha dos veces al año? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>¿Qué cultivos? _____</p> <p>2. Los terrenos que cultivaron para la última campaña fueron:</p> <p>1. Suyo, con título de propiedad 2. Suyo, con escritura pública 3. Suyo, sin título de propiedad 4. Comunidad 5. Alquilado 6. Asociaciones 7. Otros _____</p> <p>3. Si, fueron alquilados: ¿Que extensión del terreno Alquiló? _____ (ha) ¿A cuánto lo alquiló? _____ 1. Soles, 2. Ajpuviri 3. Otro _____</p> <p>4. Aparte de estos terrenos, ¿tiene otros terrenos que no cultivo? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No mencione las hectáreas: 1. Pastoreo: _____/ha 2. Terreno de cultivo en descanso: _____/ha</p>	<p>Preguntas específicas para la Quinua:</p> <p>5. ¿Ud. siempre ha cultivado quinua? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No ¿Hace cuántos años? _____</p> <p>6. El cultivo que realiza es por Aynocas? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>7. Cuenta con alguna certificación: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No ¿Cuál(es)? _____ 1. Orgánica 2. Comercio Justo 3. Sistema de parcela participativa 4. Ecológico 5. Buenas prácticas agrícolas 6. Otros 7. Ninguna</p> <p>8. En la última campaña: En qué mes sembró _____ En qué mes cosechó _____</p>
---	---

SECCIÓN III. PARTICIPACIÓN EN ASOCIACIONES O GREMIOS

<p>1. ¿Pertenece a la comunidad? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>2. ¿Pertenece alguna asociación que no sea la comunidad? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>3. ¿A cuántas asociaciones pertenece? N° _____ ¿De que tipo es?: 1. Asociación de productores agrícolas. ¿De que producto? _____ 2. Asociación de ganaderos 3. Cooperativa de productores agrícolas 4. Cooperativa de ganaderos 5. Otros _____</p> <p>4. ¿Cuál es el nombre de la asociación? _____</p>	<p>5. ¿Qué beneficios le brinda la asociación?</p> <p>1. Abastecimiento de insumos agrícolas. 2. Acceso a mercados locales/nacionales para venta; 3. Acceso al mercado externo. 4. Obtener asistencia técnica. 5. Obtener capacitación 6. Acceso financiero; 7. Ninguno 8. Otros _____</p>
---	--

SECCIÓN IV. GRANOS ANDINOS: PRODUCTIVIDAD

* La "extensión", "Cantidad Producida" y el "Precio de venta" deben tener unidades equivalentes de conversión

ID	Marcar (x) las variedades de quinua y cañihua en la última campaña	¿Superficie de tierra para esta variedad? (ha)		¿Cantidad cosechada según variedad? (kg)		¿A cuánto estuvo el precio de venta según variedad?
		Unidades de medida:		Unidades de medida:		Soles/Kg
		Cent	Unid Med	Cent	Unid Med	
1	QUINUA					
	1. Blancas (enfo o yarte)					
	2. Chulpi o hielinas					
	3. Wñulis, coloreadas					
	4. Wariponcho					
	5. Kozto					
	6. Pasercallas					
	7. Cuchi wite					
	8. Salcedo INIA					
	9. Rosado taraco					
	10. Cancolla (blanca)					
	11. Chuqal bambino					
	12. Blanca mejorada					
	13. Otros _____					
	TOTAL					
2	CANIHUA					
	1. Chivilla					
	2. Kello o amarillo					
	3. Puka o rojo					
	4. Airempo (color moreado)					
	5. Otros _____					
	TOTAL					

Observaciones y notas del encuestador:

Observaciones y notas del encuestador:

SECCIÓN V. CANTIDAD DE LOS FACTORES DE PRODUCCIÓN DE LA QUINUA

Pedir al productor que describa el proceso de producción de la variedad de quinua principal:

ACTIVIDAD		Completar y marcar (x) según indica: *La cantidad/costo/precio/horas son expresados en TOTAL por la última campaña	
Nombre de la variedad _____		Área total de la variedad seleccionada (ha): _____	
1. Preparación Terreno			
¿Realizó arado o roturado? <small>(sólo en caso de terreno virgen)</small>	SI NO	¿Utilizó tractor? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Durante cuántas horas _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
¿Realizó rastrado o rastra? <small>(mullir la tierra o jalas)</small>	SI NO	¿Utilizó tractor? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Durante cuántas horas _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
¿Fertilizó su área de cultivo?	SI NO	1. Fertilizante orgánico () 2. Fertilizante sintético ()	¿Costo de traslado o estimar? _____
¿Realiza surcado? <small>(líneas aradas e la siembra)</small>	SI NO	¿Utilizó tractor? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Durante cuántas horas _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
		¿Utilizó yarte? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Durante cuántas horas/días _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
		¿Utilizó tractor? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Durante cuántas horas _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
¿Realiza nivelado?	SI NO	¿Utilizó yarte? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Durante cuántas horas/días _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
Unplaza de terreno	SI NO		Durante cuántas horas/días _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
2. Siembra			
Siembra (boleado)	SI NO		Durante cuántas horas/días _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
		¿Con ganado? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Durante cuántas horas _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
¿Realiza el tapado?	SI NO	¿Manual? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Durante cuántas horas/días _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
3. Labores Agrícolas			
¿Realiza labores culturales?:			
Deshierbo	SI NO		Durante cuántas horas/días _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
Aporque	SI NO		Durante cuántas horas/días _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
Abonamiento	SI NO		Durante cuántas horas/días _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
¿Qué tipo de enfermedades?			
1. Milda, 2. Phoma, 3. Mancha foliar/rojo, 4. Mancha bacteriana, 5. Cona Cona (polillas), 6. Otros _____			
¿Qué tipo de plagas afectó su cultivo?			
1. Polilla de la quinua, 2. Gorgojo, 3. Escarabajo de las panojas, 4. Escarabajo negro en hojas, 5. Pulgones, 6. Pulgones, 7. Hemípteros, 8. Áves, 9. Otros _____			
¿Aplicó fungicida o insecticida?	SI NO	Tipo _____	Durante cuántas horas/días _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
4. Cosecha			
Tipo de cosecha		1. Manual	2. Mecánica
Formación de arcos o emparbado <small>(juntar las tenas de quinua)</small>		SI NO	Durante cuántas horas/días _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
		¿Utilizó máquina? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Durante cuántas horas _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____
¿Como realiza el trillado?		¿Manual? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Durante cuántas horas/días _____ ¿Cuanto pagó/gastó? _____

ACTIVIDAD		Completar y marcar (x) según indica: *La cantidad/costo/precio/horas son expresadas en TOTAL por la última campaña	
5. Post cosecha			
¿Tiende la semilla para el secado?	SI NO	Durante cuántas horas/Jornal _____ ¿Cuanto pagó/gesto?	
Selección del grano		¿Utilizó máquina? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Durante cuántas horas _____ ¿Cuanto pagó/gesto?
		¿Utilizó manual? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Durante cuántas horas/Jornal _____ ¿Cuanto pagó/gesto?
¿Tipo de envases que utiliza para almacenar?		1. Recipientes de metal, bato o plástico. 2. Envases de tela o polietileno. 3. Costales. 4. Otros _____	
¿Dispone de algún almacén para granos?	SI NO	1. Lugar acondicionado para almacenar el grano. 2. Junto a otros cultivos	
¿Cuánto tiempo le dedica a la venta del grano?		Durante cuántas horas/Jornal _____	¿Cuanto pagó/gesto? _____ N° de viajes _____
6. Insumos			
Semillas		Gramos/ha _____	Cantidad _____ Precio _____
¿Qué fertilizante sintético utilizó? (Selecione el número e indique cantidad y costo)		1. Nitrato de amonio 2. Sulfato de amonio 3. Urea 4. Abonos foliares 5. Otros _____ Opción _____ Cantidad utilizada _____ ¿Cuanto pagó/gesto? _____ Opción _____ Cantidad utilizada _____ ¿Cuanto pagó/gesto? _____ Opción _____ Cantidad utilizada _____ ¿Cuanto pagó/gesto? _____	
¿Qué fertilizante orgánico utilizó? (Selecione el número e indique cantidad y costo)		1. Guano de bato 2. Estiércol 3. Residuos cosecha 4. Compost 5. Humus de lombriz 6. Otros _____ Opción _____ Cantidad utilizada _____ ¿Cuanto pagó/gesto? _____ Opción _____ Cantidad utilizada _____ ¿Cuanto pagó/gesto? _____ Opción _____ Cantidad utilizada _____ ¿Cuanto pagó/gesto? _____	
6.4. Otros insumos			
Sacos que usados en la cosecha		Cantidad utilizada _____	¿Cuanto pagó/gesto? _____
Alquiler de mochila		Cantidad utilizada _____	¿Cuanto pagó/gesto? _____
¿Dónde compra los insumos?		Especificar nombre de la tienda, lugar, poblado _____	
¿Realiza análisis de suelos?	SI NO	¿Cuanto pagó/gesto? _____	

SECCIÓN VI. GRANOS ANDINOS: DESTINO Y COMERCIALIZACIÓN

* La "extensión", "Cantidad Producida" y el "Precio de venta" deben tener unidades equivalentes de conversión

ID	¿Destino del grano en la última campaña?	Qué cantidad de lo producido lo destina a:							
		Unidad de medidas: 1. Kg. 2. Tonelada, 3. Arrobas 4. Manajo 5. Saco 6. Otro _____							
		Autoconsumo		Semilla		Almacenamiento para venta futura		Venta en la cosecha	
		Cant	Unid Med	Cant	Unid Med	Cant	Unid Med	Cant	Unid Med
1	QUINUA								
2	CANIHUA								

ID Venta	Marcar (x) a quien venden el grano andino	¿Cuánto le vende?		¿Como los venden?			Modalidad de pago	Lugar de venta
		Unidades de medida:		1. Grano al cosechar 2. Lavado 3. Limpado 4. Perlado 5. Hojuela 6. Harina 7. Otros _____				
		Cant	Unid Med	Cant	Unid Med	Cant		
1	QUINUA						1. Crédito 2. Contado 3. Intercambio	1. Chacra 2. Centro de acopio local 3. Feria local 4. Mercado regional de Puno 5. Mercado Regional de otro departamento 6. Mercado Nacional 7. Exterior 8. Otros _____
	1. Acopiador local							
	2. Acopiador mayorista							
	3. Mayorista de Puno o Juliaca							
	4. Molineras							
	5. Empresa Transformadora							
	6. Organismos nacionales							
	7. Minoristas							
	8. Otros _____							
	9. Otros _____							

SECCIÓN VII. FACTORES DE LOS GRANOS ANDINOS

<p>AMBIENTALES</p> <p>1. ¿Cuál fue el cultivo anterior a la quinua?</p> <p>2. ¿Cómo determinó la cantidad de quinua a sembrar?</p> <p>1. Por el precio 3. Bajas costos 2. Lo determinó el comprador 4. Costumbre 5. Clima 6. Otros _____</p> <p>3. ¿Qué hace con los residuos del cultivo?</p> <p>1. Se deja en el campo o vuelve al suelo 2. Es quemado en los campos 3. Usado como combustible 4. Como alimento de animales 5. Hacen compost 6. Usado como materiales de construcción 7. Vendidos 8. Otros _____</p>	<p>FINANCIAMIENTO</p> <p>1. ¿Ha recibido algún crédito en la última campaña para la producción de la quinua? (1.SI; 2.NO) _____</p> <p>2. ¿Cuál fue la cantidad prestada (pesos)? S. _____</p> <p>3. En caso recibió, ¿Cuál fue la institución o persona que le otorgó el crédito?</p> <p>1. Agro Banco 3. Crédito Informal (Comerciante) 2. Caja Rural 4. ONGs 5. Otros _____</p> <p>CAPACITACIÓN</p> <p>1. ¿Recibió capacitación en granos andinos, en la última campaña? (1.SI; 2.NO) _____, cuántas capacitaciones recibió? _____</p>	<p>2. ¿Qué tema se abordó?</p> <p>1. Producción 5. Comercialización 2. Uso de fertilizantes 6. Manejo de plagas y enfermedades 3. Certificación orgánica 4. Nutrición de la quinua 7. Buenas prácticas agrícolas 8. Otros _____</p> <p>ASISTENCIA TÉCNICA</p> <p>1. En la última campaña, ¿recibió alguna asistencia técnica en granos andinos? (1.SI; 2.NO) _____, cuántas asistencia técnica recibió? _____</p>
---	---	--

SECCIÓN VIII. SEGURIDAD ALIMENTARIA

Durante el día de ayer que alimento consumió						Fecha de ayer: ___/___/___
Hora	Tiempo de Comida	Comida que consumió	¿Cuáles son los ingredientes?	Cantidad (Ver cartilla) Medida Casera	Gr/ml	Observaciones
	DESAYUNO					
	ENTRE COMIDAS					
	ALMUERZO	Sopa:				
		Segundo:				
		Postre:				
		Refresco:				

Durante el día de ayer que alimento consumió					Fecha de ayer: ___/___/___	
Hora	Tiempo de Comida	Comida que consumió	¿Cuáles son los ingredientes?	Cantidad Medida Casera	Gr/ml	Observaciones
	ENTRE COMIDAS					
	CENA					

<p>1. Considerando los últimos 12 meses. ¿En que mes o meses ha tenido mayor dificultad para conseguir alimentos para usted y su familia?</p> <p>1. Enero 4. Abril 7. Julio 10. Octubre 2. Febrero 5. Mayo 8. Agosto 11. Noviembre 3. Marzo 6. Junio 9. Septiembre 12. Diciembre 13. Ninguno</p>	<p>4. ¿Por qué ha tenido dificultades para conseguir sus alimentos? _____</p> <p>1. Debido a la mala cosecha en el último año, debido a: 1.1. La helada, que produjo muerte del ganado o pérdida de peso. 1.2. La helada, que produjo pérdida de la cosecha. 2. Debido a los huaycos que impidieron el acceso; 3. Debido a que el costo de los alimentos es muy caro. 4. No cuento con suficiente dinero 5. No cuento con suficiente alimento para intercambiarlo con otras zonas</p>
<p>2. ¿Con qué frecuencia su familia siente que falta comida?</p> <p>1. Siempre 2. Muy frecuentemente 3. Frecuentemente 4. Ocasionalmente 5. Raramente. 6. Muy raramente. 7. Nunca</p>	<p>5. ¿De donde consigue los alimentos para su hogar?</p> <p>1. De mi chacra 2. Compró en la tienda de mi comunidad 3. Compró en una feria local 4. Trueque entre las comuneras y/o familiares locales 5. Trueque entre distritos 6. Donación</p>
<p>3. ¿Cuánto, del dinero obtenido en un mes lo gastó en alimentos? _____</p>	

Estrategias de afrontamiento

Lista de Estrategias de Afrontamiento	Comportamiento	¿Qué tan grave es para usted	
		Frecuencia	
	En los últimos 7 días, si ha habido momentos en los que no tuvo suficiente comida o dinero para comprar comida ¿Con qué frecuencia su familia ha tenido que?	1. Siempre 2. Muy frecuentemente 3. Frecuentemente 4. Ocasionalmente 5. Raramente. 6. Muy raramente. 7. Nunca	1. menos grave 2. moderada 3. grave 4. muy grave
Cambios en la dieta diaria	1. ¿Consumir alimentos menos preferidos y/o menos caros?		
Incremento de la disponibilidad de alimentos a corto plazo	1. ¿Pedir prestado alimentos aun tercero (amigo/pariente/vecino)?		
	2. ¿Comprar alimentos a crédito?		
	3. Recoger alimentos silvestres, cazar o cosechar cultivos inmaduros?		
	4. ¿Utilizar las semillas de la próxima temporada?		
Reducción del número de personas	5. Enviar a los niños a comer con terceros (amigos, parientes,vecinos)		
	6. Enviar a pedir limosna a los miembros del hogar?		
Estrategias de racionamiento	2. Limita el tamaño de las proporciones de las comidas?		
	3. Restringir el consumo de los adultos para que los niños pequeños coman?		
	4. Asegurar la alimentación de los miembros trabajadores del hogar sacrificando la alimentación de los que no trabajan		
	5. Reducir el número de comidas consumidas en el día		
	6. Quedarse sin comer días enteros?		

SECCIÓN IX: SUBSIDIOS Y AGUA

1. Los miembros del hogar participan en alguno de estos programas?

- | | | |
|--------------------------------|--------------------|------------------------|
| 1. Vaso de leche | 2. Club de Madres | 3. Cooperativa Comunal |
| 4. Qali warma | 5. Pensión 65 | 6. Comedores populares |
| 7. Centro de salud (chispitas) | 8. Programa juntos | 9. Otros _____ |

2. ¿De dónde proviene el agua para su consumo humano?

- | | |
|-------------------|-------------------------------|
| 1. Pozo | 5. lluvia |
| 2. canal de riego | 6. Estanque o embalse comunal |
| 3. lago/laguna | 7. Estanque casa |
| 4. riachuelo | 8. Suministro de agua potable |

SECCIÓN X. PRODUCCIÓN PECUARIA

Producción en los últimos 12 meses

1. Existencia de animales. * La "extensión", "Cantidad Producida" y el "Precio de venta" deben tener unidades equivalentes de conversión

Animales	N°	VENTA					
		AUTO-CONSUMO		N° animales vendidos	Peso vivo por cabeza (Kg)	Precio venta (soles/cabeza)	Ingreso por venta (llenar encuestador)
		Con qué frecuencia consume estos alimentos?	Cantidad (Kg/)				
		1. Diaria 2. interdiaria 3. semanal	4. quincenal 5. mensual 6. otro _____				
Vacunos (Terberos)							
Vacunos (Toros)							
Vacunos (Vacas)							
Ovino							
Otro _____							
Otro _____							
Otro _____							

2. Productos procesados * La "extensión", "Cantidad Producida" y el "Precio de venta" deben tener unidades equivalentes de conversión

Producto	Cant.	AUTO-CONSUMO			*Con qué frecuencia consume estos alimentos?	Cant. Producida	VENTA			Precio de venta (soles /kg o lts)	Total de venta (llenar encuestador)
		Unidades					Unidades				
		Lts	Kg	Otra Unid			Lts	kg	Otra Unid		
				1. Diaria 2. interdiaria 3. semanal	4. quincenal 5. mensual 6. otro _____						
Leche											
Carne (Charqui)											
Chalona											
Queso fresco											
Harina de trigo											
Otros _____											
Otros _____											

SECCIÓN XI. ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE IMPORTANCIA

Nº	Parentesco con el jefe de hogar	Sexo	Edad	Ocupación	Nivel de educación	Ingreso	Fuente del ingreso
	1. Esposa 2. Esposa 3. Hijo (a) 4. Otros _____	1. M 2. F		1. Agricultor 2. Ganadero 3. Agropecuario 4. Ama de casa 5. Empleado 6. Comerciante 7. Estudiante 8. Demandante de empleo 9. Discapacitado/enfermo 10. Otros _____	1. Sin instrucción 2. Primaria incompleta 3. Primaria completa 4. Secundaria incompleta 5. Secundaria completa 6. Superior técnica incompleta 7. Superior técnica completa 8. Superior universitaria incompleta 9. Superior universitaria completa	1. Nada 2. menos de 300 soles 3. 300 – 600 soles 4. 600 – 900 soles 5. 900- 1200 soles 6. más de 1200 soles	1. Trabajo en su propia granja 2. Trabajo en otras granjas 3. Trabajo en un local de negocios 4. Trabajo en su propio negocio 5. Remesas 6. Artesanías 7. Trabajo para el gobierno en una institución pública 8. Otros _____
1	Jefe del hogar						
2							
3							
4							
5							

1. ¿En los últimos 7 días, cuántas personas compartieron la comida preparada en el hogar? _____

Nombre del encuestado			
Lengua	1. Aymara; 2. Quecha; 3. Castellano 4. Otros _____	Lugar de Nacimiento	
Generalmente, Cuáles son las principales actividades que realiza en un día común?			
1. Labores agrícolas, 2. Pastoreo, 3. Transporte, 4. Negocio, 5. Constructor, 6. Otros _____			

XII. ASPECTOS QUE ASEGURAN LA CALIDAD

1. PARA SER CONTESTADO EN PRIVADO POR EL ENCUESTADOR INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE LA ENTREVISTA	
Nombre del Encuestador:	
En su opinión, con qué facilidad estableció relación con el encuestado? _____ 1. Muy fácil 2. Algo fácil 3. Ni fácil, ni difícil 4. Algo difícil 5. Muy difícil.	
Qué tan confiable cree que son estas respuestas? , considere la exactitud y la voluntad de las respuestas _____ 1. Muy confiable 2. confiable 3. de acuerdo 4. Dudas ocasionales 5. Dudas regulares o serias	
2. FECHA DE INSPECCIÓN DEL CUESTIONARIO POR EL SUPERVISOR (dd/mm/yyyy): / /	
Revisión del cuestionario:	
Supervisor: Ingresar tus comentarios aquí DESPUÉS de haber inspeccionado todo el cuestionario	

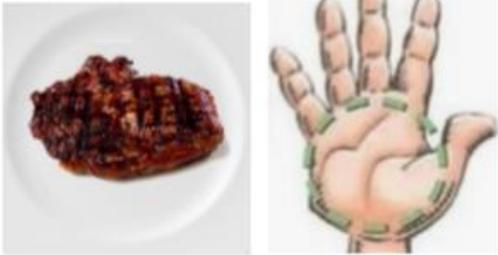
Certifico que he revisado el cuestionario dos veces para estar seguro de que todas las preguntas han sido contestadas y que las respuestas son legibles.

Nombre: _____

Firma: _____

Fecha ____/____/____

CARTILLA. SECCIÓN VIII SEGURIDAD ALIMENTARIA

	
<p>TAMAÑO DE UN PUÑO CERRADO= 1 TAZA Arroz, pasta, cereales cocidos, pan, frutas o vegetales 200 kcal</p>	<p>TAMAÑO DE LA PALMA = 85 gr de PROTEINA Carne vacuna, aves o pescado, etc. 160 kcal</p>
	
<p>TAMAÑO DE UN PUÑO = 1 VASO DE 240 ml</p>	<p>TAMAÑO DE DOS MANOS ABIERTAS = 2 TAZAS DE ENSALADAS</p>
	
<p>ESTA DISPOSICIÓN DEL PUÑO = ½ TAZA Garbanzos, frijoles, y granos en general</p>	<p>1 PULGAR = 28 gr DE QUESO 100 Kcal</p>

UNIDADES EQUIVALENTES DE CONVERSIÓN		
Superficie de terreno (ha)	Cantidad 1= kg/ha 2= l/ha 3= Unidades/ha	Precio Soles /ha
Superficie:		
1 hectárea	10.000	metros cuadrados
	0,1	kilómetros cuadrados
	2,471	acres
	11,960	yardas
1 acre	0,4047	hectáreas
	4,047	metros cuadrados
	4,840	yardas cuadradas
	43,450	pies cuadrados
Volumen:		
1 litro	1.000	mililitros
	61,028	pulgadas
	0,21998	galones imperiales
	0,26418	galones U.S.
1 metro cúbico	1.000	litros
	35,3148	pies cúbicos
	1,30795	yardas cúbicas
Cantidad		
1 kilogramo	2,2046	libras
	1.000	gramos
1 libra	453,592	gramos
	0,4536	kilogramos
1 tonelada	1.000	kilogramos
	0,98421	toneladas UK
	1,10231	toneladas US
	2.204,62	libras

Anexo 7. Glosario de términos.

Término	Definición
Vulnerabilidad	Es definida como una función de exposición al riesgo y a la habilidad de enfrentarla (Kapur 2015)
Inseguridad Alimentaria	Se define como una falta de acceso a suficientes alimentos para un estilo de vida saludable y activo (Kapur 2015).
Seguridad Alimentaria global	Comúnmente se define como “cuando toda la gente, en todo momento, tiene acceso físico y económico a suficiente, seguro y nutritivos alimentos para satisfacer sus necesidades dietéticas y preferencias de alimentos para una vida activa y saludable (Kapur 2015).
Seguridad Alimentaria a nivel Household	Acceso a alimentación que sea adecuada en términos de calidad, cantidad, seguridad y aceptabilidad para todos los miembros del hogar (Kapur 2015).
Seguridad Nutricional	Acceso físico, económico, ambiental y social a una dieta equilibrada y agua potable para cada niño, mujer y hombre (Kapur 2015).
Estructura (framework)	Una interfaz de aplicación vacía (el marco) dentro de la cual operaría un modelador ambiental. En algunos casos, esto puede contener un lienzo sobre qué componentes se colocan y manipulan en Construcción de un modelo multi-componente. Una estructura puede examinar propiedades de los componentes, controlar el comportamiento de los componentes, tomar decisiones acerca de los inputs y outputs
Componente	Representan piezas de conocimiento, un modelo es construido al unir los componentes
Transplantación	El investigador puede hacer nuevos modelos simplemente reemplazando un componente con un componente diferente o mejor candidato.
Calibración	Es el ajuste del valor de una lectura (vector X) por su comparación a un estándar vector X.
Modelos bioeconómicos de finca	Es un modelo que vincula formulaciones describen las decisiones de gestión de recursos de los agricultores con formulaciones que representan posibilidades de producción actuales y alternativas en términos de insumos requeridos para lograr en ciertos productos efectos de rendimiento y ambientales.
Programación Lineal	Representa una finca como una combinación lineal de las así llamadas “actividades”. (Janssen y van Ittersum 2007)
Actividad	Es un set coherente de operaciones con sus correspondientes inputs y outputs, resultando, por ejemplo; el suministro de un producto mercadeable, la restauración de la fertilidad del suelo, o la producción de piensos para el uso de la granja. (Janssen y van Ittersum 2007). Una actividad se caracteriza por un ser de coeficientes (coeficientes técnicos) o coeficientes input-output que expresan la contribución de la actividad a la realización de metas u objetivos en términos de modelamiento
Insumos (Input)	Son recursos limitados; se definen con las restricciones a las actividades, que representan la cantidad mínima y

	máxima de una determinada entrada o recurso que se puede usar. El sistema de actividades y restricciones se optimiza para alguna función objetiva que refleje algún objetivo específico del usuario; por ejemplo el beneficio (Janssen y van Ittersum 2007)
Actividades presentes	Son las que están siendo practicadas por los agricultores; y se derivan de los datos observados o de expertos con conocimiento de la situación actual
Actividades Alternativas	Son actividades que podrían ser una adecuada para el futuro, generalmente representan innovaciones tecnológicas o nuevos desarrollos de cultivo o prácticas de agricultura
Programación Matemática Positiva	* Programación Matemática Positiva (PMP), pretende replicar las decisiones de producción y consumo de los hogares de manera precisa, permitiendo captar los efectos de factores que no están explícitamente incluidos en el modelo como la expectativa de precios, el comportamiento adverso al riesgo, la demanda de mano de obra, las restricciones de capital y otros costos no observados (Heckelei y Britz, 2000)
Agroecosistema	Ecosistema donde todos o algunos de los componentes naturales, silvestres han sido sustituidos por especies vegetales y animales que tienen importancia económica para el hombre.
Sostenibilidad	La capacidad de los agroecosistemas para mantener la producción de productos a través del tiempo sin amenazar la estructura y función del ecosistema (Smith <i>et al.</i> 2000).
Contaminación de Recursos Naturales	La degradación de la calidad del aire, suelo, agua o asociados a la biota con bioproductos de las prácticas agrícolas, tales como fertilizantes, pesticidas, patógenos y sedimentos
Calidad de paisajes agrícolas	La modificación en patrones de uso de la tierra que comprende una matriz de elementos del paisaje. Lo más significativo es la habilidad del paisaje de soportar la vegetación no cultivada y las poblaciones silvestres.