

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA APLICADA**



**DIVERSIDAD, MANEJO Y CONSERVACIÓN *in-situ* DEL
CULTIVO DE PAPA (*Solanum* spp.) EN UNA ZONA DE
AGROBIODIVERSIDAD ANDINA EN HUÁNUCO**

Presentada por:

SPHYROS ROOMEL-LUCIANO LASTRA PAUCAR

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN ECOLOGÍA APLICADA**

Lima - Perú

2023

Tesis Diversidad Papa Huanuco

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTE QUE CONTIENE COINCIDENCIAS

66

repositorio.inia.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

< 1%

★ repositorio.inia.gob.pe

Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA APLICADA**

**DIVERSIDAD, MANEJO Y CONSERVACIÓN *in-situ* DEL
CULTIVO DE PAPA (*Solanum* spp.) EN UNA ZONA DE
AGROBIODIVERSIDAD ANDINA EN HUÁNUCO**

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

SPHYROS ROOMEL-LUCIANO LASTRA PAUCAR

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado

Mg.Sc. Juan Torres Guevara

PRESIDENTE

Dra. Fabiola Parra Rondinel

ASESOR

Dr. Alejandro Casas Fernández

CO-ASESOR

Dra. Carmen Felipe-Morales Basurto

MIEMBRO

Mg.Sc. Rolando Egúsquiza Bayona

MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios, Creador de todo y Padre de todos.

A mis padres Roomel y Gladys, y a mi hermano Jaccomo por todo el amor y apoyo que recibí para emprender mis sueños y por soportar la ausencia que dejaba en ellos al seguirlos.

A los agricultores del Perú que, con sus fatigadas horas en el campo aseguran nuestra alimentación, conservan la agrobiodiversidad y enriquecen nuestro país. En Quisqui (Kichki) ellos me recibieron como a uno de los suyos. Fui un hermano más en las tareas del campo y un hijo más en la mesa de sus casas.

AGRADECIMIENTOS

Con especial cariño al Mg. Sc. Juan Torres, al Dr. Alejandro Casas y especialmente a la Dra. Fabiola Parra, por sus aportes profesionales en toda la ejecución del trabajo, por su trato amable, y porque creyeron en mí, muchas más veces de las que yo lo hice en mí mismo. Pero sobre todo por la OPORTUNIDAD, en mayúsculas, de iniciar mi carrera como investigador en temas de recursos genéticos y agrobiodiversidad. Son una gran inspiración y modelo de lo que quiero ser como profesional en el futuro.

A los demás miembros del jurado, a la Dra. Carmen Felipe-Morales y al Mg. Sc. Rolando Egusquiza por su disponibilidad, sugerencias y correcciones. Me sentí honrado de que profesionales con su experiencia y calidad humana supervisaran mi trabajo.

Al Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA), por el financiamiento para la realización de esta investigación en el marco del Proyecto PNIA UNALM 027-2015 “Diversidad, flujo génico de cultivos andinos y seguridad alimentaria: contrarrestando procesos de erosión genética para enfrentar a los inciertos escenarios de cambio climático.

A los colegas del IDMA, incluyendo un saludo a la eternidad al Ing. Wilmar León. Su profesionalismo, amistad y sencillez ha quedado grabado en todos los que trabajamos con usted.

A los amigos tesisistas que participamos en el proyecto PNIA, nunca olvidaré nuestras vivencias, algunas bastante difíciles, pero que al final del día siempre nos dejaban una sonrisa y un recuerdo más por el cual brindar y agradecerle a la vida, a Quisqui y a su gente.

Finalmente, pero no por eso los menos importantes, a todos los pobladores de Santa Rosa de Monte Azul y Tres de Mayo de Huayllacayán, en la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui, para todos fui un hermano más en el trabajo de la chacra y un hijo más en sus mesas. Con especial cariño recuerdo a Don Javier y a su esposa Bertha, y a Don Sabino y su familia en Monte Azul y a Don Lorenzo y su familia en Huayllacayán. Nunca lo supieron, pero su compañía fue una gran cura para las tristezas, angustias y enfermedades que me aquejaban durante ese tiempo. Desde el fondo de mi corazón: muchísimas gracias.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1	DIVERSIDAD, BIODIVERSIDAD Y AGROBIODIVERSIDAD.....	5
2.2	CONSERVACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD	6
2.3	ZONAS DE AGROBIODIVERSIDAD.....	9
2.4	DIVERSIDAD DE CULTIVOS	10
2.5	ESTIMACIÓN DE LA DIVERSIDAD	11
2.6	ÍNDICES DE DIVERSIDAD	13
2.7	EROSIÓN GENÉTICA.....	14
2.8	FACTORES ASOCIADOS A LA DIVERSIDAD INTER E INTRAESPECÍFICA DE CULTIVOS	16
2.9	DIVERSIDAD Y AGRICULTURA TRADICIONAL EN LOS ANDES ..	20
2.10	DIVERSIDAD DEL CULTIVO DE PAPA.....	21
2.11	ZONA DE AGROBIODIVERSIDAD DE QUISQUI.....	24
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1	ZONA DE ESTUDIO	26
3.2	DEFINICIÓN DE LA MUESTRA	30
3.3	DIVERSIDAD DEL CULTIVO DE PAPA.....	31
3.4	FACTORES ASOCIADOS AL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD DEL CULTIVO DE PAPA.....	33
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1.	DIVERSIDAD DEL CULTIVO DE PAPA.....	37
4.1.1	Sinonimia y homonimia de los nombres de variedades de papa.....	37
4.1.2	Riqueza, abundancia y diversidad del cultivo de papa	38
4.1.3	Variedades de papa sembradas en la ZA de Quisqui	44
4.2.	FACTORES ASOCIADOS A LA DIVERSIDAD.....	50

4.2.1 Factores ambientales	52
4.2.2 Factores culturales y tecnológicos	55
4.2.3 Factores socioeconómicos.....	57
4.2.4 Análisis multivariado de los factores	62
4.2.5 Análisis del total de variables	64
4.3. PATRONES DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD DEL CULTIVO DE PAPA	67
V. CONCLUSIONES.....	74
VI. RECOMENDACIONES	76
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
VIII. ANEXOS	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especies de papas cultivadas según la aproximación de 4 autores	22
Tabla 2. Población campesina de dos comunidades de la ZA Quisqui	31
Tabla 3. Índices de factores ambientales, culturales y socioeconómicos y operaciones relacionadas a su cálculo	27
Tabla 4. Nivel de sinonimia de las variedades de papa en la ZA de Quisqui	37
Tabla 5. Riqueza y diversidad del cultivo de papa en dos cuencas de la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui en la campaña 2016-2017.....	39
Tabla 6. Resultados de la prueba t de contraste de medias entre cuencas en la ZA de Quisqui.....	40
Tabla 7. Índices de Simpson y Shannon para la totalidad (T) y el primer cuartil (Q1) del stock de semillas de los agricultores de la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017.....	43
Tabla 8. Diferencia del índice de Simpson medido para la totalidad (T) y el primer cuartil (Q1) del stock de semillas de los agricultores de la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017	43
Tabla 9. Diferencia del índice de Shannon medido para la totalidad (T) y el primer cuartil (Q1) del stock de semillas de los agricultores de la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017	44
Tabla 10. Variedades menos abundantes en la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017 .	45
Tabla 11. Variedades más abundantes por subcuenca en la ZA de Quisqui	46
Tabla 12. Clasificación de las variedades de papa según su abundancia en la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017	47
Tabla 13. Variedades muy comunes y comunes en la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017	47
Tabla 14. Frecuencia de variedades raras y muy raras y el porcentaje que representa del stock de los agricultores de la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017.....	49
Tabla 15. Índices asociados a factores ambientales, socioeconómicos y culturales en la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017.....	51
Tabla 16. Porcentaje de los motivos de conservación de las variedades preferidas por los agricultores de la ZA de Quisqui.....	52
Tabla 17. Distribución altitudinal de parcelas de variedades de papa en la ZA de Quisqui (Campaña 2016-2017)	53

Tabla 18. Cantidad de plagas, enfermedades y eventos climáticos extremos conocidos por los agricultores de la ZA de Quisqui	54
Tabla 19. Niveles de identidad cultural y manejo tradicional de agricultores en la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017	56
Tabla 20. Niveles de arraigo y autosubsistencia de los productores de la ZA de Quisqui..	59
Tabla 21. Tipo de familia y nivel de fuerza laboral de los productores de la ZA de Quisqui	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre el manejo agrícola, selección natural y las medidas de diversidad.	16
Figura 2. Cuenca del Río Mito y centros poblados asociados.....	26
Figura 3. Ecosistemas en la ZA de Quisqui.....	27
Figura 4. Centros poblados sobre los que se asienta la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui.....	28
Figura 5. Precipitación en la ZA Quisqui durante el periodo 1981-2016.....	29
Figura 6. Temperatura máxima promedio anual en la ZA Quisqui durante el periodo 1981-2016.	29
Figura 7. Temperatura mínima promedio anual en la ZA Quisqui durante el periodo 1981-2016.	29
Figura 8. Riqueza y peso del stock de semillas manejadas por productores de la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017.	40
Figura 9. Variedades más abundantes en la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017.....	45
Figura 10. Número de parcelas, superficie total y dedicada a la agricultura de papas nativas	53
Figura 11. Importancia de los factores ambientales, socioeconómicos y culturales para el Índice de Simpson	63
Figura 12. Efecto en el Índice de Simpson por: A) El Índice de Arraigo y la superficie cultivada y B) El Índice de Arraigo y el Índice de Manejo Agrícola Tradicional.	63
Figura 13. Correlación entre las variables de diversidad y la totalidad de variables ambientales, culturales y socioeconómicos.	65
Figura 14. Correlación entre las variables de diversidad y la totalidad de variables ambientales, culturales y socioeconómicos.	66
Figura 15. Dendograma del análisis de agrupamiento de los agricultores de la ZA de Quisqui.....	68
Figura 16. Características de los grupos de agricultores de la ZA de Quisqui.....	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de datos de las variables y sub-índices utilizados en el análisis de correlación y en el cálculo de los índices ambientales, culturales y socioeconómicos. .	96
Anexo 2. Regresiones entre la Riqueza y los Índices de Simpson y Shannon con las variables ambientales, culturales y socioeconómicas.	98

RESUMEN

En el Perú, las Zonas de Agrobiodiversidad se establecieron para planear y alentar la conservación y uso sostenible de la diversidad de especies nativas cultivadas por los pueblos indígenas. En una de las zonas, la de Quisqui, ubicada en los Andes Centrales, se ha reportado un alto número de variedades de papa (*Solanum*, sección *Petota*: *Solanaceae*). El objetivo de la presente investigación fue cuantificar la diversidad del cultivo de papa, en base a la denominación campesina, en la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui, determinando la influencia de factores ambientales, culturales y socioeconómicos sobre esta diversidad. Al finalizar la campaña 2016-2017 se evaluaron los almacenes de semillas de 12 familias productoras de papa, a las que también se les aplicó una entrevista semi-estructurada para evaluar los mencionados factores. Se registraron en total 682 variedades diferentes de papa. Se utilizaron los índices de Simpson y Shannon para evaluar la diversidad, que en general fue alta (Simpson: 0.86 y Shannon: 2.77). El 90% de las variedades fueron catalogadas como raras o muy raras (conservadas por menos de 5 agricultores). Los pobladores de la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui están fuertemente identificados con la cultura tradicional andina en general, presentando un alto arraigo por su territorio. El esfuerzo de búsqueda por nuevas variedades fue la variable que más influyó sobre la diversidad del cultivo de papa.

Keywords: *conservación in-situ, agrobiodiversidad, papa, agricultura tradicional*

ABSTRACT

In Peru, Agrobiodiversity Zones were established to manage and encourage the conservation and sustainable use of the diversity of native species cultivated by indigenous peoples. In one of them, Quisqui, located in the Central Andes, a high number of potato varieties (*Solanum*, section *Petota*: *Solanaceae*) have been reported. The objective of the present research was to quantify potato crop diversity, based on farmer denomination, in the Quisqui Agrobiodiversity Zone, determining the influence of environmental, cultural and socioeconomic factors on this diversity. At the end of the 2016-2017 season, the seed stores of 12 potato-producing families were evaluated, to whom a semi-structured interview was also applied to assess the aforementioned factors. A total of 682 different potato varieties were recorded. Simpson's and Shannon's indices were used to evaluate diversity, which was generally high (Simpson: 0.86 and Shannon: 2.77). Ninety percent of the varieties were categorized as rare or very rare (conserved by less than 5 farmers). The inhabitants of the Quisqui Agrobiodiversity Zone are strongly identified with the traditional Andean culture in general, presenting a high level of attachment to their territory. The search for new varieties was the variable that most influenced the diversity of potato cultivation.

Keywords: *in-situ conservation, agrobiodiversity, potato, traditional farming*

I. INTRODUCCIÓN

La porción de la diversidad biológica asociada a la producción agrícola se conoce como agrobiodiversidad (CIP-UPWARD 2003). Esta engloba la variedad y variabilidad de plantas, cultivadas, arvenses y silvestres, así como los animales, hongos macromicetos y microorganismos (bacterias y micorrizas) a nivel genético, específico y ecosistémico necesarias para sostener el funcionamiento (i.e. estructura y procesos) de los agroecosistemas (Cromwell 1999).

En la agrobiodiversidad se encuentra una importante fuente de adaptabilidad de los cultivos y de la diversidad biológica asociada para responder a los riesgos medioambientales, incluido el cambio climático y otras alteraciones ecológicas que afectan los ecosistemas a escala global (Vitousek 1994, Casas y Vallejo 2019), a la vez que es esencial para la seguridad alimentaria y nutrición mundial. Por ello, se han emprendido diferentes esfuerzos que diversas entidades nacionales e internacionales por estudiarla, valorarla y conservarla, ya sea en condiciones *ex situ* (bancos de germoplasma, jardines botánicos, arboretos), como *in situ* (reservas genéticas, áreas protegidas y en condiciones cultivadas) (Organización para la Alimentación y Agricultura [FAO] 2019; Mastretta-Yanes *et al.* 2018).

En nuestro país, resulta indispensable mencionar al Proyecto *In-situ* de los Cultivos Nativos y sus Parientes Silvestres (Coordinadora de Ciencia y Tecnología de los Andes [CCTA] 2006) que, a inicios de siglo, en 12 departamentos, identificó 63 zonas con rica diversidad agrícola manejada por comunidades nativas y su importancia económica y social. Años después, esta iniciativa decantaría en la aprobación por parte del Ministerio de Agricultura del reglamento para la creación de Zonas de Agrobiodiversidad a través del Decreto Supremo N° 20-2016-MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI] 2016).

Una Zona de Agrobiodiversidad (ZA) tiene como objetivo garantizar la conservación y el uso sostenible de los cultivos nativos y sus parientes silvestres, así como la protección de

prácticas tradicionales de las comunidades indígenas y locales para su mantenimiento y cultivo (Ruiz 2009).

Uno de estos territorios, es el distrito de Quisqui ubicado en la región Huánuco, en los Andes centrales del Perú, distrito que en el año 2014 recibió mediante Decreto Regional el reconocimiento como una Zona de Agrobiodiversidad. En Quisqui se asientan los territorios de las comunidades de San Pedro de Cani, Santa Rosa de Monte Azul y Tres de Mayo de Huayllacayán, los que albergan a 540 habitantes, distribuidos en 130 familias (IDMA 2002).

En la región Andina, que se extiende desde Ecuador hasta Bolivia, pasando por Perú, se han originado y diversificado alrededor de 45 especies alimenticias (Hawkes 1998), siendo la papa (*Solanum* spp.) la más importante. Este hecho ha determinado que los Andes hayan sido propuestos como un Centro de Origen de Plantas Cultivadas (Vavilov 1992) y como un Centro de Diversificación de Plantas Domesticadas (Harlan 1992).

En cuanto al cultivo de papa, el Perú es el primer productor de la región, con una producción total mayor a 4.5 millones de toneladas (FAO 2020). Esta actividad es el sustento de más de 700 mil familias, especialmente dedicadas a la pequeña agricultura, y representa el 4 por ciento del producto bruto interno (PBI) agrícola, brindando al mundo alrededor de 3 mil variedades (Iparraguirre 2017).

La región de Huánuco, donde se ubica la ZA de Quisqui, es la segunda más importante en cuanto a superficie y producción de papa en el país (MINAGRI 2019). Es también uno de los centros de mayor diversidad de este cultivo (Velásquez 2009; Egúsquiza 2016). Lamentablemente es una de las regiones con mayor pobreza y extrema pobreza del Perú, país en el que el 58 por ciento de la población pobre se dedica a la agricultura (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] 2016). Además, se encuentra entre las regiones de mayor vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria con un índice de 0.55 (Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social [MIDIS] 2012), en donde valores cercanos a 1, indican mayor vulnerabilidad.

Las comunidades de Monte Azul y Huayllacayán son especialmente ricas y presumiblemente diversas en variedades de papas, habiéndose identificado hasta 699 variedades de este cultivo en la zona (Cruz 2001; Velásquez 2009; IDMA 2016). Sin embargo, hasta el presente los

inventarios de la riqueza varietal han dejado de lado el análisis de la equidad en la distribución de las variedades en el territorio de Quisqui. La equidad es de gran importancia para identificar aquellas variedades más raras y con riesgo de perderse, y aquellas que son más abundantes. Documentar esta información permitiría identificar políticas de conservación más dirigidas, centrando la atención en aquellas variedades con mayor vulnerabilidad (Velásquez-Milla *et al.* 2011). Por ello, la presente investigación se orientó a identificar tales aspectos, partiendo de las preguntas: ¿existen variedades predominantes? ¿cuáles son? o ¿existirán variedades raras? ¿cuáles son? ¿se encuentran en riesgo de perderse?

Para estimar la diversidad de variedades se asumió en este estudio la utilidad de índices como los de Shannon o Simpson (Meng 1997, Brennan *et al.* 1999, Collado 2002, Smale *et al.* 2003, Martínez *et al.* 2004, Casas *et al.* 2006, Bonneuil *et al.* 2012), que permiten integrar información sobre la equidad y la riqueza varietal. Se asumió que su uso permitiría conocer la distribución de las variedades en el territorio estudiado, proporcionando información sobre la dominancia o la vulnerabilidad de variedades, información que ayudaría en la toma de decisiones a nivel comunal, regional o nacional para su manejo y conservación.

Por otro lado, es necesario mencionar que la diversidad de plantas cultivadas, si bien es resultado de procesos naturales, principalmente ha sido configurada a través de la acción humana, lo que se conoce como selección artificial (Casas y Parra 2016). Al identificar los factores que influyen en el manejo y la conservación de la diversidad del cultivo de papa en el distrito de Quisqui, el presente estudio busca revalorar el trabajo de las comunidades campesinas, las cuales, a través de su cultura y conocimientos tradicionales, sumados a la riqueza ecológica, permiten que la diversidad no solo perdure, sino que se incremente con el tiempo. De esta manera se abre la posibilidad de decretar políticas de retribución que permitan incrementar el bienestar de dichas comunidades campesinas.

La cultura de estos grupos humanos se expresa, entre otras cosas, en los nombres con los que conocen a sus variedades. Estos usualmente son la base para la determinación de la diversidad *in situ* y para los programas de mejoramiento participativo (Soleri *et al.* 2013); además, el manejo y la toma de decisiones se basa en estos nombres (Velásquez-Milla *et al.* 2011; Brown y Hodgkin 2015). Registrar la diversidad en base a estos nombres permitirá la

elaboración de indicadores con los que la comunidad está familiarizada, posibilitando una adopción más fácil para el manejo de la diversidad.

En relación con estos temas, el presente estudio planteó también preguntas acerca de si, ¿los cambios de diferente índole (climáticos, económicos, sociales y culturales) tendrán algún efecto en la manera en el que las variedades son manejadas? ¿Cómo afectarán estos cambios a los procesos de selección y por lo tanto a la conservación de la diversidad del cultivo de papa?

De tal forma, el presente trabajo persigue los siguientes objetivos:

Objetivo General

- Estimar la diversidad de variedades de papa (*Solanum* spp) en la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui, departamento de Huánuco, e identificar los factores que ponen en riesgo su permanencia y aquellos que influyen en el manejo y conservación de tal diversidad.

Objetivos Específicos

- Estimar la diversidad de variedades de papa (*Solanum* spp.) en la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui mediante índices de diversidad.
- Determinar los factores ambientales, socioeconómicos y culturales que influyen en el manejo y conservación de la diversidad del cultivo de papa en la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 DIVERSIDAD, BIODIVERSIDAD Y AGROBIODIVERSIDAD

La diversidad es abundancia o gran cantidad de varias cosas distintas (RAE 2014). Desde el punto de vista ecológico, la diversidad es una propiedad emergente de las comunidades biológicas que se relaciona con la variedad de componentes que existen dentro de ellas (Najera 2014). Por otro lado, desde que fuera acuñado por el biólogo Walter Rosen a mediados de la década de los 80', el término biodiversidad ha variado a lo largo de los años (Núñez *et al.* 2003). En sus inicios el concepto de biodiversidad se refería a *la totalidad de todas las variaciones de lo vivo* (Wilson 1988), un concepto que fue completamente redefinido en el documento del Convenio para la Diversidad Biológica (CDB) (UNEP 1992), el cual la define como *«la variabilidad de los organismos vivos de todo origen incluido, entre ellos los ecosistemas terrestres, marinos y acuáticos, así como los complejos ecológicos de los cuales forman parte; incluye la diversidad al interior de las especies y entre especies, así como la de los ecosistemas.»* Es decir, este concepto incluye la diversidad genética que se incluye en las poblaciones de cada especie, la diversidad de especies en una comunidad biótica y la variedad de ecosistemas en un paisaje.

Una porción de esta diversidad biológica es la agrobiodiversidad, la cual *incluye todos los componentes de la diversidad biológica pertinentes a la alimentación y la agricultura, y todos los componentes de la diversidad biológica que constituyen el ecosistema agrícola: las variedades y la variabilidad de animales, plantas y microorganismos en los niveles genético, de especies y de ecosistemas que son necesarios para mantener las funciones principales de los ecosistemas agrarios, su estructura y procesos* (SCDB 2000).

La agrobiodiversidad resulta de las interacciones entre los recursos genéticos, el ambiente y las prácticas y sistemas de manejo de los agricultores, es decir, es resultado de tanto la selección natural como la iniciativa humana a través de la historia. A lo mencionado, la Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (SCBD 2008) incluye como

dimensiones de la agrobiodiversidad a los componentes de la biodiversidad que proporcionan servicios ecosistémicos a la agricultura, factores abióticos y una dimensión socioeconómica y cultura. En esa misma línea se dice que la agrobiodiversidad se extiende a los conocimientos ecológicos tradicionales relacionados con el manejo de especies cultivadas y sus parientes silvestres (Brookfield & Stocking 1999; citados por Last *et al* 2014; FAO s.f.). Ruíz (2006; citado por CCTA 2009) incluye también la diversidad de culturas, de ecosistemas, pisos ecológicos, prácticas tradicionales, la fauna nativa domesticada, entre otros. Desde esta perspectiva, la agrobiodiversidad es una expresión de diversidad biocultural.

La agrobiodiversidad posee unas cualidades importantes para el mejoramiento de cultivos nutritivos y razas de ganado (Bioversity International 2016), es fuente de adaptabilidad para responder a los riesgos medioambientales, incluido el cambio climático, a la vez que es posible la obtención de una amplia gama de energía, proteínas, grasas y diferentes nutrientes para la seguridad alimentaria y la nutrición mundial (CIP-UPWARD 2003). Una síntesis global sobre los beneficios de la agrobiodiversidad, pueden encontrarse en Dainese et al. (2019). De aquí se justifica los diferentes esfuerzos que diversas entidades han puesto por estudiarla, revalorizarla y conservarla.

2.2 CONSERVACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD

Dada la importancia de la biodiversidad agrícola, en las últimas décadas se han venido desarrollando esfuerzos por conservarla, adquiriendo mayor reconocimiento en la agenda internacional (FAO 2019). El año 1983 contempló el nacimiento de la que fuera la Comisión en Recursos Genéticos Vegetales (Comisión para los Recursos Genéticos para la Alimentación y Agricultura en la actualidad), un cuerpo intergubernamental organizada por FAO.

La adopción del Convenio sobre la Diversidad Biológica de 1992 estableció un marco legal para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, incluyendo las especies usadas para la alimentación y la agricultura, así como para un acceso equitativo a los beneficios provenientes del uso de esta (agro)biodiversidad. Fue en 1996 cuando se estableció el primer Plan de Acción Global para la Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos

para la Alimentación y Agricultura (FAO 1996). Y ese mismo año, la agrobiodiversidad fue incluida en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (SCBD 1996).

En su reunión anual de 1996, la Conferencia de las Partes de la CBD indica 3 tipos de estrategia para mantener la agrobiodiversidad: prácticas agrícolas que mitiguen las repercusiones negativas sobre la agrobiodiversidad, conservación y utilización sostenible de recursos genéticos potenciales y reales para la agricultura y alimentación, y una justa distribución de los beneficios derivados de su utilización (SCBD 1996).

En cuanto a la segunda estrategia, se puso énfasis en los esfuerzos que se han llevado a cabo por conservar germoplasma, i.e. diversidad genética, en condiciones controladas en repositorios fuera de los campos de cultivo (bancos de germoplasma, jardines botánicos). A pesar de los aportes que han tenido los métodos de conservación *ex situ* (Frankel y Hawkes 1975; Wilkes 1983; Smith *et al.* 2015), estos no son la panacea para la conservación de recursos genéticos, ya que excluyen el importante rol que tienen los agricultores como conservadores y seleccionadores de sus semillas y diversidad, además que interrumpen los procesos evolutivos propios de la presión del entorno (Altieri y Merriek 1987; Bellón 2017, FAO 2019). Hechos que, históricamente, han permitido el desarrollo de variedades bien adaptadas a las condiciones específicas de su ambiente, así como a los cambiantes contextos culturales y tecnológicos.

En la actualidad, la FAO (2019) indica que la conservación *ex situ*, es la forma más significativa y extendida de conservar la agrobiodiversidad. El germoplasma de especies cultivadas y sus parientes silvestres se conserva en más de 575 bancos que mantienen alrededor de 490 millones de accesiones. Sin embargo, la misma organización previene de posibles pérdidas de colecciones *ex situ* debido a falta de presupuesto para regenerar adecuadamente las accesiones (FAO 2016).

En contraste con la conservación *ex situ*, la *in situ* consiste en identificar los procesos generatrices de la variación genética y garantizar que continúen operando (Casas *et al.* 2016). Mediante esta estrategia se busca mantener la diversidad en condiciones óptimas en la naturaleza o agroecosistemas, y favorecer la adaptación dinámica y constante de las plantas a su ambiente (Prescott-Allen y Prescott-Allen 1982). Al mismo tiempo, se busca mantener las condiciones del flujo de genes provenientes de fuera de la finca, ya sea de forma

espontánea (i.e. parientes silvestres) o mediante la introducción deliberada de nuevo material genético (Harlan 1965; Cromwell 1999). Al respecto, Casas y Parra (2007) comentan el efecto negativo de la fragmentación de hábitats al interrumpir el flujo génico entre estas poblaciones.

Mantener el flujo génico también involucra a los manejadores de los recursos (Casas 2016). Jarvis *et al.* (2008) afirman que, la selección de caracteres específicos por parte de los agricultores con el fin de satisfacer sus necesidades (i.e. selección artificial) influye en la conservación de la diversidad. Esto cobraría una mayor relevancia en sistemas agrícolas tradicionales (i.e. centros de origen y diversificación) los que son considerados por Rojas *et al.* (2014) como los principales espacios de conservación *in situ* de la agrobiodiversidad.

Hay que añadir que en estos sistemas también existen grados de manejo de las plantas silvestres útiles a través de procesos de tolerancia, fomento o protección (Casas *et al.* 2016).

Otro aporte de estos manejadores son los sistemas de intercambio de semillas. Estas redes de intercambio han existido durante cientos de años, haciéndose fuente primordial de mantenimiento e incremento de la diversidad genética entre los cultivos de una región (Velásquez *et al.* 2011, Zimmerer 2010)

Para Cromwell (1999), son tres los factores que influyen en la capacidad de los agricultores o de sus comunidades para manejar y conservar la agrobiodiversidad: la existencia de diversidad cultural, el acceso a la diversidad genética y el nivel de exposición a influencias externas (e.g. modernización de la agricultura, requerimientos del mercado). Por lo tanto, agricultores asentados en centros de diversidad genética, manejando la diversidad local por siglos y poco influenciados por el desarrollo externo, tendrán una mayor capacidad para manejar la agrobiodiversidad.

Por otro lado, la FAO (2019) reporta un incremento en el desarrollo de nuevas herramientas para la evaluación de la diversidad en finca, a la que llaman conservación *on farm* para diferenciarla de la conservación *in situ* (parientes silvestres de especies cultivadas), y de los mecanismos a través de los que se conserva.

En conclusión, es posible afirmar que el interés en las diferentes formas de manejo, sistemas ‘informales’ de conservación de semillas, los conocimientos tradicionales al respecto, el rol de agricultores custodios, etc., se han visto incrementados en la última década.

En el contexto que se analiza para el Perú, el proyecto "Conservación *in situ* de los cultivos nativos y sus parientes silvestres en el Perú" (CCTA 2006) fue una experiencia significativa en cuanto a esfuerzos de conservación de la agrobiodiversidad en comunidades campesinas de los Andes y la Amazonía peruanas. El proyecto no solo registró la variabilidad de los cultivos nativos y sus parientes silvestres, sino que logró recopilar información sobre los conocimientos y tecnologías tradicionales de los agricultores conservadores y de las amenazas físicas, biológicas y sociales de la conservación *in situ*. Siendo los conocimientos y prácticas de conservación y selección tan antiguas como la agricultura misma.

En cualquier caso, existe una necesidad de desarrollar métodos eficientes para la conservación tanto a nivel *ex situ*, como *in situ* de los recursos genéticos. Desde hace más de 40 años, trabajos como los Wilkes y Wilkes (1972), Iltis (1974); Nabhan (1979), advierten la necesidad de una complementariedad de ambos métodos de conservación.

2.3 ZONAS DE AGROBIODIVERSIDAD

En nuestro país, la ley sobre conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica reconoce las Zonas de Agrobiodiversidad. Estas se orientan a la conservación y uso sostenible de especies nativas cultivadas por parte de pueblos indígenas. En ellas se busca dar a conocer y promover la agrobiodiversidad nativa y las prácticas y costumbres tradicionales de los pueblos indígenas, apuntando a mejorar sus condiciones de vida. Después de un largo periodo de debate, finalmente en el 2016, se aprobó el reglamento para formalizar el reconocimiento de las Zonas de Agrobiodiversidad (MINAGRI 2016). Para ese año ya se habían reconocido entre 40-45 territorios como lugares de alta concentración de agrobiodiversidad, principalmente en la zona andina del país (SPDA Actualidad Ambiental 2017). No obstante, a la fecha existen solo 2 Zonas de Agrobiodiversidad reconocidas a nivel nacional por el Ministerio de Agricultura y Riego: Andenes de Cuyocuyo en Puno y el Parque de la Papa en Cusco. Entre las que aún esperan una resolución se encuentra la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui en Huánuco, cuyo reconocimiento a nivel regional fue

otorgado en el 2014. Este es un importante bastión de conservación de papa y otras tuberosas andinas, en los Andes centrales del Perú.

Algunos de los beneficios que devienen del reconocimiento de un territorio como Zona de Agrobiodiversidad son: la posibilidad de acceder a fondos públicos y cooperación para acciones de conservación, gestión sostenible del territorio y sus recursos, manejo de suelos, conservación de semillas, entre otros. También permitiría generar nuevas cadenas de valor para la producción local, así como una mayor inserción al mercado (SPDA Actualidad Ambiental 2017).

2.4 DIVERSIDAD DE CULTIVOS

La diversidad de cultivos también se conoce como parte de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura (RGAA). Es la variedad genética (diversidad de genes) y fenotípica (diversidad en la expresión de los genes, influenciado por el ambiente) de plantas usadas en la agricultura. La diversidad de cultivos comprende la diversidad dentro y entre las plantas cultivadas, tanto las variedades locales de los agricultores como las variedades modernas producto del mejoramiento (Engels *et al.* 2014)

Meng *et al.* (2000) observan que el término puede usarse para describir la variación observable en alguna característica o grupo de características ya sea dentro o entre distintas poblaciones de un cultivo de la misma especie, identificadas en campo por los agricultores o científicos.

La diversidad dentro de un mismo cultivo, llamada también intraespecífica, incluye características influenciadas genéticamente como el tamaño de la semilla, hábito de crecimiento, altura, color de flor, tiempo de maduración, sabor, entre otras. También existe variación en atributos menos obvios como la tolerancia al calor, sequías o a alguna plaga o enfermedad específica. Widawsky y Rozelle (1998) mencionan que esta diversidad dentro de un mismo cultivo también se le llama *diversidad varietal*, incluyendo a las variedades tradicionales y las que provienen de programas de mejoramiento genético (Dulloo 2021).

La variación es vital para la evolución de las especies agrícolas, y su adaptación a ambientes particulares y a contextos culturales específicos; este proceso ocurre a través de selección

natural y artificial (Harlan 1992; Casas y Parra 2016). Sobre la selección artificial, Darwin (1868) comenta que existen dos tipos: la metódica y la inconsciente. La primera se relaciona con los esfuerzos sistemáticos de los humanos por modificar un organismo según un estándar predeterminado: adecuarlo a las necesidades de la sociedad humana, y en el caso de la agricultura, a condiciones artificiales de manejo. Por otro lado, la segunda es consecuencia de la acción humana que preserva lo más valioso, eliminando los individuos menos valiosos, sin conciencia de alterar los organismos. En algunos cultivos, esta selección ha permitido el desarrollo de miles de variedades locales o *landraces* (Cromwell 1999).

Diferentes autores han destacado la importancia de la diversidad genética intra-específica para responder a la inestabilidad climática y a las nuevas dinámicas de plagas y enfermedades (Hajjar *et al.* 2008; Jarvis *et al.* 2008; Østergård *et al.* 2009). De esta manera, las estrategias de conservación y mejoramiento deberían llevarnos a ampliar la base genética de las plantas cultivadas. Sin embargo, Schöb *et al.* (2015) afirman que el rol de la diversidad intraespecífica permanece aún subestimado o ignorado.

2.5 ESTIMACIÓN DE LA DIVERSIDAD

De Carvalho *et al.* (2015) afirman que nuestro conocimiento de la biodiversidad engloba solo el 20 por ciento del número total de especies estimadas, y que una brecha similar debe existir en el saber acerca de la diversidad de cultivos, especialmente en la diversidad intraespecífica. Ello sugiere que se requiere, de manera urgente, un inventario más exhaustivo de estos recursos. Estos inventarios son herramientas esenciales para crear mecanismos efectivos para monitorear cambios en la diversidad de cultivos y sus componentes más vulnerables (i.e. las variedades locales), pues como mencionan Buckland *et al.* (2005): hay pocas posibilidades de llevar a cabo acciones efectivas para limitar la pérdida de biodiversidad, a menos que pueda monitorearse debidamente su tasa de cambio en el tiempo.

Generalmente, el estudio de la diversidad de los cultivos se limitaba a un análisis de la variabilidad fenotípica (Fu 2015), esto es: usando las características morfológicas (marcadores morfológicos) visualmente accesibles como el color de las flores, la forma de la semilla, hábitos de crecimiento u otros rasgos, particularmente de interés agronómico. Tal método no requiere de tecnologías costosas, pero sí de extensas áreas de cultivo, a la vez que

son demandantes en tiempo y trabajo meticulado. Por su parte, Yasmin *et al.* (2006) mencionan las siguientes limitantes: su obtención de datos es tardada, son métodos complejos, limitados, subjetivos, influenciados por el ambiente, caros e involucran estados de desarrollo específicos del cultivo.

A pesar de su amplio uso, rasgos como los señalados son susceptibles a plasticidad fenotípica, pudiendo mostrar variación en algunas características en función al ambiente en el que se desarrollen los organismos que los presentan (Fu 2015). Es por esto que, a lo largo de los últimos 45 años, para minimizar el impacto de factores ambientales en el análisis, se han implementado técnicas bioquímicas y moleculares (Bonneuil *et al.* 2012; Fu 2015; Hu & Quiros 1991). Las últimas se realizan con una amplia variedad de marcadores moleculares de ADN, con diferentes propiedades (ser dominantes o co-dominantes, pueden amplificar loci conocidos o no, contener regiones que se expresan o no, etc). Además, ofrecen numerosas ventajas sobre las alternativas morfológicas al ser más estables y detectables en cualquier tejido dependiendo del estado de crecimiento, diferenciación o desarrollo de las células. Así mismo, no están condicionados por efectos ambientales, pleiotrópicos o epistáticos (Mondini, Noorani, & Pagnotta 2009).

Cabe mencionar que estas no reemplazan los métodos morfológicos, sino que ambas se hacen indispensables y complementarias para el análisis de la diversidad y por lo tanto en la conservación de los recursos genéticos alimenticios (Valera-Montero *et al.* 2017).

Si bien la determinación de la diversidad de variedades en campo, a través de muestreos o encuestas, no puede detectar la variación a nivel de genes, sí provee un aproximado confiable para estimar la diversidad inter e intraespecífica (Cebolla-Cornejo *et al.* 2007). Permite la estimación de indicadores como el número de especies, riqueza y diversidad varietal, tamaño de la población e índices de diversidad como los de Simpson (Simpson 1949), que cuantifica la abundancia y distribución de la diversidad en campo dentro de una región (Brown y Hodgkin 2015).

Velasquez-Milla *et al.* (2011) y Brown y Hodgkin (2015) resaltan el valor de calcular este tipo de diversidad, basándose en variedades con denominación campesina, ya que esta información suele identificar características que los agricultores, de un área específica, consideran valiosas en el momento de manejar sus cultivos y tomar decisiones. Esto es

especialmente importante en zonas con alta diversidad intraespecífica, como los centros de origen y diversificación de los cultivos. Harlan (1992) encontró evidencia que relaciona a la diversidad genética con la nomenclatura campesina, y que esto sería cierto tanto para cultivos autógamos, como alógamos.

El conteo de las variedades nombradas para evaluar la riqueza y diversidad varietal en determinadas escalas espaciales y temporales se ha utilizado como indicador de la diversidad de los principales cultivos mantenidos en fincas, incluyendo la papa (Quiros 1990; Brush 1995; Zimmerer 2003).

Por otro lado, Buckland (2005) sugiere no usar el conteo de número de variedades (riqueza varietal) para monitorear cambios en diversidad. Por ello, se sugiere el uso de índices integrales de diversidad. Esto debido a la propensión de los conteos a estar sesgados a cambios en la detectabilidad en el tiempo y por el esfuerzo de las observaciones.

2.6 ÍNDICES DE DIVERSIDAD

De acuerdo con Magurran (2004), el uso de indicadores apropiados para medir la diversidad ha sido materia de discusión por mucho tiempo. Lo apropiado es integrar dos conceptos importantes de la diversidad: riqueza y equidad (Bonneuil *et al.* 2012; Jarvis *et al.* 2008). La riqueza se refiere al número de diferentes clases de individuos sin importar sus frecuencias. Mientras que la equidad mide que tan similares son las frecuencias de cada clase o variedad, de tal manera que una baja equidad indica la dominancia de una o pocas variedades (Jarvis *et al.* 2008). Bonneuil *et al.* (2012) afirman que un mayor número de variedades (riqueza varietal) puede significar menos diversidad cuando uno o pocas variedades son hegemónicas en una zona determinada (equidad).

En esta categoría de indicadores están incluidos los conocidos índices de Shannon (1948) y Simpson (1949), así como el de Pielou, también llamado índice de Equidad de Shannon (Smale *et al.* 2000). Aunque estos índices se usan tradicionalmente en ecología para evaluar la diversidad genética en poblaciones o la diversidad de especies en comunidades, también han facilitado el análisis de la diversidad de plantas manejadas, como son los casos del cactus columnar *Stenocereus stellatus* (Casas *et al.* 2006) y cultivos como el trigo (Meng 1997; Brennan *et al.* 1999; Smale *et al.* 2003, Bonneuil *et al.* 2012), frejol (Martínez *et al.* 2004),

yuca y maíz (Collado 2002), entre otros, mostrando patrones de diversidad diferentes a los solo recogidos por la riqueza varietal.

Blanco *et al.* (2016) propusieron el Índice de Agrobiodiversidad (AGB Index), adaptando el índice de Simpson. Este índice permite evaluar la diversidad de sistemas agrícolas complejos tanto a nivel de especies, como de variedades. Los autores mencionados recomiendan el uso de múltiples índices de diversidad como la mejor solución para entender los agroecosistemas en toda su complejidad. En esa línea, y con la idea de unificar la información obtenida de campo para elaborar monitoreos coherentes, Bioversity International (2016) ha sugerido el uso de lo que llaman el Índice de Agrobiodiversidad. Este es un conjunto de varios indicadores que cuantifica la biodiversidad agrícola a nivel de sistemas productivos, en sistemas de semilla, en proyectos de conservación y en la dieta y mercados.

En conclusión, son necesarios indicadores de diversidad genética para detectar cambios en la diversidad y monitorear el progreso hacia alcanzar las metas de reducción y prevención de la pérdida de biodiversidad para el 2020 (SCBD 2010).

2.7 EROSIÓN GENÉTICA

Khoury *et al.* (2014) alertan sobre la reducción de la diversidad presente en los sistemas agrícolas mundiales en conjunto; esto, debido a la creciente dependencia de un reducido número de especies para la alimentación humana. A otro nivel, la Organización para la Alimentación y Agricultura de Las Naciones Unidas (FAO 2010) y la tercera Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica (SCBD 2010) concluyen que la diversidad genética de especies cultivadas y ganaderas continúa declinando de los sistemas agropecuarios. Esto se debe principalmente a la adopción de unas pocas variedades provenientes de procesos de fitomejoramiento.

Ante la notoria capacidad de los cultivares resultantes del mejoramiento genético para desplazar poblaciones de cultivos locales, hacia fines de la década de 1960 emergió el término erosión genética (Brush 2004). De esta manera, la erosión genética sería el proceso de pérdida de variabilidad genética que existe entre los individuos que componen una o varias poblaciones de una especie, subespecies, razas o variedades (Casas y Velásquez 2016) por factores como la adopción de variedades modernas, el desmonte de tierras con

vegetación (Plucknett 1992; citado por Velásquez 2009) y las tendencias del mejoramiento genético (Mathur 2011). Brush (2004) sintetiza la idea, al proponer que la erosión genética en cultivos es la pérdida de variabilidad en poblaciones cultivadas, que, de acuerdo con Rogers (2004), ocurre a tres niveles: especies, variedades y alelos. Para Velásquez (2009) existe pérdida de diversidad cuando la adición y desaparición de variedades que ocurren normalmente en una población de cultivos tiene como resultado neto la pérdida subsecuente de diversidad.

En opinión de Akhalkatsi *et al.* (2017), en la actualidad el componente de la biodiversidad más vulnerable a la erosión es la diversidad de variedades locales (*landraces*) de cultivos. Debido a esto y otros potenciales impactos negativos, son numerosas las organizaciones internacionales e intergubernamentales que reconocen la necesidad de evaluar y monitorear la diversidad genética, con el fin de determinar procesos de erosión de los recursos genéticos de plantas cultivadas de tal manera que se pueda revertir esta tendencia (Diulgheroff 2004). De esto, surge la necesidad de indicadores idóneos para la cuantificación de la diversidad de cultivos, especialmente en zonas de origen y domesticación, bajo manejo tradicional.

Sin embargo, cabe mencionar que, Christiansen *et al.* (2002) encontraron que la adopción de variedades mejoradas, producto de procesos de mejoramiento genético, incrementó la diversidad del cultivo de trigo en la zona Nórdica. En la misma línea, la revisión de trabajos sobre diversidad genética de diversos cultivos que llevó a cabo Fu (2015), muestra que algunos patrones de diversidad temporal son inconsistentes con la percepción que el fitomejoramiento reduce la diversidad de cultivos.

Por otro lado, es pertinente resaltar las conclusiones de Figueroa (2006) y Velásquez *et al.* (2011) quienes indican que la erosión genética está íntimamente ligada a procesos de erosión cultural. Esta erosión, para Torres *et al.* (2016) sería la fragmentación, empobrecimiento y pérdida de los conocimientos tradicionales. De cualquier manera, la pérdida de los usos de las variedades locales (*landraces*), plantas arvenses y silvestres, así como el reemplazo de un manejo agrícola tradicional por el modelo de intensificación agrícola de la revolución verde, estarían favoreciendo procesos de erosión genética de la agrobiodiversidad.

2.8 FACTORES ASOCIADOS A LA DIVERSIDAD INTER E INTRAESPECÍFICA DE CULTIVOS

Jarvis (2000) propone que, junto a los factores biológicos y ambientales, un conjunto de variables de tipo sociales, culturales y económicas, influyen en la diversidad de los cultivos. Sus ideas se esquematizan en la Figura 1.

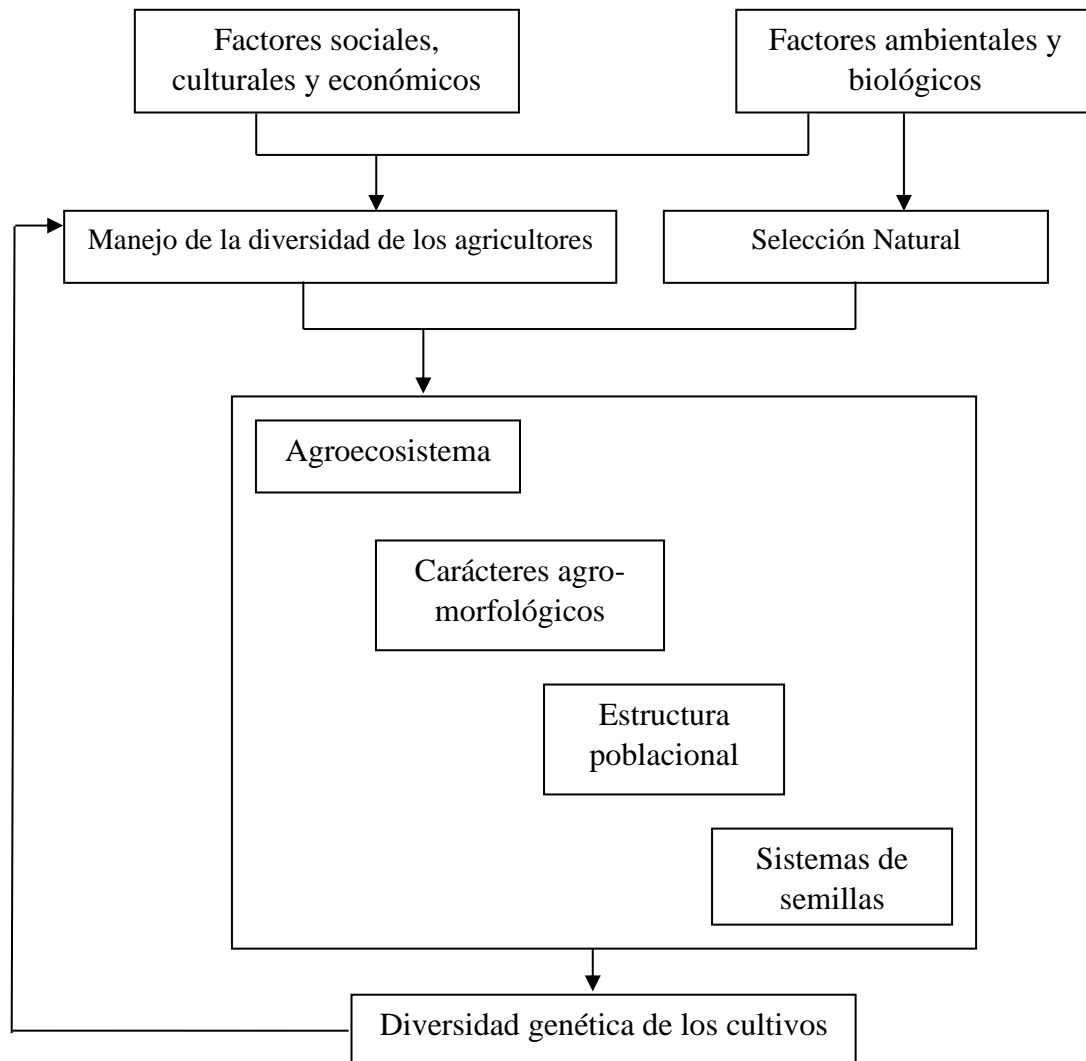


Figura 1. Relación entre el manejo agrícola, selección natural y las medidas de diversidad. Fuente: Jarvis (2000)

Nota: La diversidad de los cultivos, en sus diferentes niveles, depende de las decisiones tomadas por los agricultores, en los que influyen factores sociales, culturales y económicos, y la selección natural

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) (2010) advierte de una fuerte necesidad de incrementar el entendimiento de lo que influye en las decisiones de los agricultores en lo que se refiere a la siembra de especies y variedades, con la consecuencia de su mantenimiento o pérdida. En esta misma línea, Subedi *et al.* (2003) y Bellon (2004) recalcan esta necesidad.

Particularmente, serían los centros de domesticación y diversidad (como los Andes para la papa (*Solanum spp*) con su alto nivel de diversidad intraespecífica), los lugares en donde se intensifica la necesidad de una mayor comprensión de aquello que permitiría la conservación de la diversidad, pues esta se debe a los largos procesos de coevolución entre los cultivos y las poblaciones locales (Bellon, 2004).

Bellon (1996) propone que la demanda de diversidad surge de los diferentes intereses y preocupaciones de los agricultores, entre otros: a) cultivar en diferentes ambientes; b) hacer frente a diferentes riesgos de la producción; c) manejar plagas y enfermedades; d) disminuir labores demandantes en tiempo y esfuerzo; e) adecuarse a presupuestos limitados; f) proveer variación a sus dietas; g) proveer productos especiales y h) cumplir con rituales o forjar lazos comunitarios.

Por otro lado, Sthapit, Lamers, y Rao (2013) propusieron una tipología de factores motivacionales que llevarían a los agricultores a mantener la agrobiodiversidad, los cuales son: a) personales (*hobby*, interés personal por coleccionar diversidad); b) valor social (herencia, respeto por el legado de sus ancestros); c) consideraciones económicas (ingresos, manejo del riesgo); d) significancia cultural (tradiciones, costumbres, creencias o por su uso en eventos religiosos); e) virtudes de la variedad (resistencia a plagas y enfermedades, provisión de servicios ecosistémicos, adaptado a las condiciones locales) y f) biológicas (aspecto, sabor).

Rana *et al.* (2004) analizaron factores agroecológicos, económicos y de mercado, socioculturales y políticos en relación con el manejo de la diversidad del cultivo de arroz en Nepal. Ellos observaron que una alta diversidad de variedades estuvo positivamente asociada con ecosistemas diversos dentro de una misma región. Además, una mayor participación en el mercado promovía la siembra de variedades locales, así como de variedades modernas. En cuanto a lo socioeconómico, las variables más representativas fueron: riqueza, escolaridad, tenencia de tierra y el tamaño de los hatos ganaderos. Por último, las

intervenciones externas y políticas apuntaron a reforzar el cultivo de pocas variedades modernas.

Teshome *et al.* (1999) encontraron que los factores ambientales tuvieron una mayor influencia en la diversidad conservada de sorgo por pequeños agricultores. Estos autores trabajaron con 200 productores de dos regiones de Etiopía, encontrando que existía mayor diversidad en los campos ubicados a altitudes intermedias, con suelos de pH bajo y con un menor contenido de arcilla.

Por su parte, Thomas *et al.* (2011) reportaron 11 casos en los que se observa una influencia del intercambio de semillas en el manejo de una mayor diversidad en 6 cultivos (yuca, arroz, frejol, sorgo, maíz y mijo). Junto a este intercambio, el esfuerzo de búsqueda por nuevas variedades fueron los factores que más influyeron en el manejo de una mayor diversidad del cultivo de arroz en el distrito de Bara en Nepal (Subedi *et al.* 2003). En el caso de la papa, Arce *et al.* (2018) mencionan que las redes de semillas son especialmente importantes para variedades harinosas no-comerciales en donde se encuentra encapsulada la mayor diversidad de este cultivo.

Gajanana *et al.* (2015) mencionan que, para el caso del cultivo del mango (*Mangifera indica*) en 5 localidades de la India, el principal factor para el manejo y conservación de la diversidad fue el económico. Mientras que, el factor social, especialmente el prestigio dentro de la comunidad y la posibilidad de intercambiar con vecinos y familiares fue el segundo factor más importante. En tercer lugar, estuvieron los factores ambientales y biológicos. Cabe mencionar que los factores difirieron a través de todas las localidades.

En México, Salazar-Barrientos *et al.* (2016) encontraron relación de factores socioeconómicos con la diversidad en milpas de Yucatán, México. Las variables más relacionadas serían la edad del productor, número de participantes de la familia en actividades agrícolas, superficie cultivada y destino de la producción. En el mismo país, la diversidad de maíz en la región de Chiapas estaría influenciada por: la existencia de zonas de interacción genotipo-ambiente (GxE) (Sánchez y Goodman 1992), los intercambios de semilla fuera de la región (Louette *et al.* 1997), la curiosidad de los agricultores por probar nuevos maíces (Perales *et al.* 2003) y el alto grado de sustituibilidad de las variedades

(Bellon y Brush 1994). Perales *et al.* (2005) y Labeyrie *et al.* (2016) sugieren un posible efecto de la diversidad etnolingüística.

En la Amazonía peruana, Ban y Coomes (2004) reportaron que la diversidad de plantas cultivadas en las huertas caseras de comunidades tradicionales se incrementó considerablemente con diferentes formas de intercambio de semillas y material vegetativo. Por su parte, Collado (2002) estudió la diversidad de cultivos (yuca, maíz, maní, frijol y ají) manejadas por 13 comunidades nativas, de 3 grupos étnicos distintos (Shipibo-Conibo, Cashibo-Cacataibo y Asháninka). Además, analizó la influencia del grupo étnico, género y accesibilidad al mercado en el manejo de la agrobiodiversidad. Los Asháninkas, con familias más extensas y mayor transferencia de semillas, manejaron mayor diversidad. Finalmente, aquellas comunidades con mayor acceso a los mercados manejaron menor diversidad.

En general, Poudel (2015) sugirió que la diversidad de cultivos en sistemas de agricultura de subsistencia está gobernada por las limitaciones económicas y ambientales de los agricultores en la comunidad.

La CCTA (2009) planteó que una mejor comprensión del papel de los factores ambientales, económicos, culturales y tecnológicos permite que las comunidades mejoren sus mecanismos de manejo y uso sostenible de la diversidad genética. Por su parte, Synnevag *et al.* (1999) propusieron utilizar los indicadores del agricultor como un medio para verificar la reducción o pérdida de las variedades locales en los sistemas agrícolas tradicionales. Pusieron un particular énfasis en los factores físicos (agroecosistemas) y humanos para entender la pérdida de diversidad, y puntualizan que las decisiones de los agricultores en las chacras contribuyen al mantenimiento, desaparición o cambios en las poblaciones locales cultivadas. En esta propuesta se sugiere tomar en cuenta el número, nombre y descripción de las variedades locales que se conservan por hogar y dentro de la comunidad.

Siguiendo este planteamiento, Velásquez (2009) exploró los efectos de factores ambientales, socioeconómicos y culturales-tecnológico en el manejo y conservación de tuberosas andinas (papa, olluco, oca y mashua). De esta manera, determinó que, en el distrito de Quisqui, (Huánuco, Perú) una mayor riqueza varietal estará relacionada con estrategias que busquen reducir el riesgo ecológico en los cultivos, así como a una mayor identidad cultural andina y al manejo agrícola tradicional.

2.9 DIVERSIDAD Y AGRICULTURA TRADICIONAL EN LOS ANDES

De acuerdo con Pearsall (2008), una agricultura incipiente en los Andes habría empezado unos 10 mil años A.C. Con el paso del tiempo, esta región ha visto el origen de numerosos cultivos de importancia global: frejol común, pallar, algodón pima, oca, arracacha, mashua, quinua, kiwicha, maca, zapallo, papa, entre otros (Vavilov 1992; Harlan 1992; Gepts 2014). La región también se caracteriza por una alta diversidad genética de estos cultivos (Harlan 1992; Gepts 2014), siendo uno de los principales motores de esto, la gestión del riesgo, especialmente del riesgo climatológico: irregularidad de lluvias y posible presencia de heladas.

De acuerdo con Velásquez (2009), el estudio de la agricultura en los andes fue abordado en sus inicios, desde la antropología (Murra 1983 2002; Earls 1989, 2006; Morlon 1996). Fue a fines de los 90' cuando se suma el enfoque ecológico (Dollfus 1996; Torres 1998), dando como resultado una visión más integral del contexto socio-ecológico de la actividad agrícola en los Andes.

En los primeros trabajos realizados, se planteó la idea del *control vertical de pisos ecológicos* y del manejo de *ciclos alternos y paralelos de los cultivos* (Murra 1975). Estas serían estrategias para hacer frente a las dificultades de la agricultura asentada en las montañas. Con una agricultura que se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 4400 m en las punas del noroeste de Bolivia, los pobladores antiguos de los Andes tuvieron que procurar adquirir el máximo número posible de *pisos ecológicos*, así como de los productos asociados a ellos, lo que a su vez supuso un planeamiento social y económico, que se remonta a la época prehispánica (Earls 2006).

Otro trabajo que aborda el análisis de la agricultura en los Andes es el de Earls (1989), quien analizó la planificación de esta actividad considerando como eje rector el manejo del riesgo con base en la diversidad. Por su parte, Morlon (1996) aportó a esta discusión, sosteniendo que existen sistemas de agricultura altamente especializados en los Andes peruanos. Este tendría su origen en tiempos prehispánicos, manteniéndose vigente aún en gran parte de las zonas altoandinas peruanas que, por sus características de pendiente e irregularidad climática, sería el más difícil de los medios usados para la agricultura (Sigaut 1975; Medina y Mena 2001).

La cosmovisión andina, se refleja en una agricultura que busca el manejo racional de los suelos y las siembras, a través de la rotación y asociación de cultivos (Suquilanda 1996). Esta es en su mayoría agricultura familiar, definida como un modo de vida y producción de un núcleo familiar en territorio rural, estando a cargo de sistemas de producción diversificados, desarrollados dentro de la unidad productiva familiar (El Peruano 2015). También se puede decir que esta coincide con muchos principios de la agroecología como el manejo de la labranza del suelo, rotaciones de cultivos y menor uso de insumos sintéticos externos (Alvarado *et al.* 2017).

2.10 DIVERSIDAD DEL CULTIVO DE PAPA

Las papas (*Solanum* spp.) son plantas herbáceas anuales, perteneciente a la familia de las *Solanaceae*. Es el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo después del trigo, el maíz y el arroz. Se siembra alrededor del mundo, siendo China, India y Rusia los más grandes productores (FAO 2020). En los Andes, se distribuye a lo largo de 4000 km y desde el nivel del mar hasta los 4200 msnm, cultivándose, en Perú desde hace aproximadamente 8000 años (Vietmeyer *et al.* 1989; Egúsquiza 2000), teniéndose restos de tubérculos de 7000 años de antigüedad (Egúsquiza 2000). Por otro lado, investigaciones en genética molecular (Spooner *et al.* 2005) mostrarían que la domesticación de la papa se habría dado alrededor del lago Titicaca, en la frontera de Perú y Bolivia.

Son varias las especies existentes de papa cultivada, con altos niveles de polimorfismos y poliploides, y diferentes tratamientos taxonómicos (Hawkes 1990; Huamán y Spooner 2002; Spooner *et al.* 2007). Uno de los sistemas de clasificación de mayor aceptación y uso fue desarrollado por Hawkes (1990), quien consideró siete especies cultivadas (Tabla 1). Este sistema de clasificación toma en consideración el hecho que las plantas de papa cultivada muestran una gran variación fenotípica por influencia de factores ambientales como temperatura, duración del día, humedad, fertilidad del suelo, así como de barreras de incompatibilidad genética debido a los diferentes niveles de ploidía, principalmente (Velázquez 2009). Por su parte, el Banco de Germoplasma del Centro Internacional de la Papa (CIP), usa la clasificación de Ochoa (1990, 1999).

Dentro de cada especie cultivada existen variaciones, reconociéndose en los países andinos la existencia de unas 3000 a 4000 variedades (Brack 2003; CIP s.f.). Pese a no conocerse el

número exacto de cultivares dentro de cada especie, algunas investigaciones concluyen que el taxón más variable de todos es el tetraploide *S. tuberosum* ssp. *andigena* (Ochoa 1990; Sukhotu *et al.* 2005), que también es la especie predominante en los predios andinos (Johns and Keen 1986; Zimmerer y Spooner 1991; Quiros *et al.* 1990).

Tabla 1: Especies de papas cultivadas según la aproximación de 4 autores

Ploidia	Ochoa (1990, 1999)	Hawkes (1990)	Huamán y Spooner (2002)	Spooner <i>et al.</i> (2007)
$2n=2x=24$	<i>S. goniocalyx</i>	<i>S. stenotomum</i>	<i>S. tuberosum</i> Stenotomum Group	<i>S. tuberosum</i> diploid Andigenum Group
	<i>S. stenotomum</i>	<i>S. stenotomum</i>	<i>S. tuberosum</i> Stenotomum Group	<i>S. tuberosum</i> diploid Andigenum Group
	<i>S. phureja</i>	<i>S. phureja</i>	<i>S. tuberosum</i> Phureja Group	<i>S. tuberosum</i> diploid Andigenum Group
	<i>S. ajanhuiri</i>	<i>S. ajanhuiri</i>	<i>S. tuberosum</i> Ajanhuiri Group	<i>S. ajanhuiri</i>
$2n=3x=36$	<i>S. chaucha</i>	<i>S. chaucha</i>	<i>S. tuberosum</i> Chaucha Group	<i>S. tuberosum</i> triploid Andigenum Group
	<i>S. juzepczukii</i>	<i>S. juzepczukii</i>	<i>S. tuberosum</i> Juzepczukii Group	<i>S. juzepczukii</i>
$2n=4x=48$	<i>S. tuberosum</i> subsp. <i>andigena</i>	<i>S. tuberosum</i> subsp. <i>andigenum</i>	<i>S. tuberosum</i> Andigenum Group	<i>S. tuberosum</i> tetraploid Andigenum Group
	<i>S. tuberosum</i> subsp. <i>tuberosum</i>	<i>S. tuberosum</i> subsp. <i>Tuberosum</i>	<i>S. tuberosum</i> Chilotanum Group	<i>S. tuberosum</i> tetraploid Chilotanum Group
	<i>S. curtilobum</i>	<i>S. curtilobum</i>	<i>S. curtilobum</i> Group	<i>S. curtilobum</i>

Egúsqüiza (2000) indica que la variedad de papa es un nombre con el que podemos relacionar características, ya sean morfológicas o agrícolas, sean favorables o desfavorables. Así mismo hace la diferencia entre las denominaciones variedad, cultivar, clon e híbridos, siendo el segundo parte del primero. Por su parte, un clon sería un conjunto de plantas con características idénticas entre sí, y un híbrido es cualquiera de los previos del que se conocen sus progenitores. En ocasiones una sola variedad puede ser también cultivar, clon o híbrido.

El mismo autor (Egúsqüiza 2000), clasifica a las variedades según su origen en nativas y modernas (también denominadas ‘mejoradas’). Para otros autores, la primera categoría

recibe también el nombre de variedades tradicionales, del agricultor, primitivas, indígenas o heredadas, pero suele resumirse por el término en inglés: *landraces* (Dulloo *et al.* 2021).

En el Perú se han registrado unos 9 mil nombres de variedades campesinas de papa (PRATEC 2004; CCTA 2006). Brush (1992) reportó 297 nombres de variedades nativas en el valle del Tulumayo, en el departamento de Junín y 227 nombres en la región de Paucartambo, en el departamento de Cusco. Por otro lado, con base en los marcadores morfológicos establecidos por Huamán y Gómez (1994), se han registrado 130 variedades de papa en el distrito de Chugay en el departamento de Trujillo (CIP 2015), 144 variedades en el departamento de Huancavelica (CIP y FEDECH 2006), y 147 variedades en la zona sur este del departamento de Junín (CIP 2017). En cada una de estas publicaciones, según el agrupamiento por caracteres morfológicos, se registraron casos de sinonimia. Los autores respetaron el nombre local más frecuente para cada variedad agronómica, reportando los otros nombres reportados por los agricultores de cada zona. En un trabajo que integró y comparó metodologías de cuantificación de la diversidad a nivel de conocimientos campesinos, caracteres morfológicos y marcadores morfológicos, de Haan *et al.* (2010) reportaron que, la caracterización morfológica de 2481 muestras de 38 colecciones *in situ* resultaron en la identificación 557 diferentes cultivares. Mientras que la identificación genética de 989 muestras de 8 colecciones *in situ* resultaron en la identificación de 406 cultivares únicos, en 7 comunidades campesinas de Huancavelica.

En el departamento de Huánuco, con un enfoque similar a los trabajos del CIP, Egúsquiza (2015) reportó la existencia de 296 variedades del cultivo de papa. Información recopilada en ferias campesinas, dan cuenta de más de mil variedades de "papa amarilla" en el departamento de Huánuco (ANDINA 2017). En cuanto a la diversidad en zonas específicas, en la cuenca del Warmiragra, en el distrito de Tomayquichua, IDMA (2002) reportó la existencia de 162 nombres campesinos de papa, mientras que Figueroa (2006) indicó la existencia de 168 morfotipos diferentes de papa. En el distrito de Quisqui, Cruz reportó la presencia de 277 nombres campesinos, que se agruparían en 99 morfotipos diferentes. Años después en la misma zona, y basándose en los datos del proyecto Conservación *in situ* de los cultivos nativos y sus parientes silvestres en el Perú (2006), Velásquez-Milla *et al.* (2011) encontraron 910 'variantes' de papa, basadas en nombres campesinos. En años más recientes, el IDMA (2016) logró recopilar información sobre la existencia de 699 variedades de papa en dicho distrito.

La biosistematización indígena, o nominación campesina (Velásquez 2009), es decir, la forma de clasificar y nombrar la diversidad de los pueblos tradicionales, específicamente para el cultivo de la papa ha sido estudiada por de Haan (2007). Él describe tres principales taxones: *Araq papa* (semi-silvestre/comestible), *Papa tarpuy* (cultivadas / comestibles) y *Atoq papa* (silvestre / no comestible). Siendo la segunda particularmente abundante para el taxón específico (= grupos de variedades) y varietal (=variedades nativas). De esta manera, la forma en la que los agricultores tradicionales nombran sus cultivos suele incluir dos nombres, uno perteneciente a un grupo taxonómicamente superior, mientras que el segundo es una característica morfológica, agroecológica o de uso. Esto también fue reportado por Brush (1992) en sus trabajos de diversidad en Junín y Cusco. En cuanto a otros cultivos, esto también ha sido observado en la nomenclatura de variedades de trigo *durum* (Taghouti y Saidi 2002, citado por Skarbø 2012) y alfalfa (Bouzeggaren *et al.*, citados por Skarbo 2012).

Harlan (1992) propone que esta diversidad cuantificada en base a la cantidad de variedades con nombre campesino correlaciona bien con la diversidad genética (i.e. diversidad de cultivos, según lo expuesto anteriormente), tanto para cultivos autógamos, como alógamos. Para el caso específico de papa, Huamán y Spooner (2002) y de Haan, *et al.* (2007) encontraron una moderada correlación entre ambas formas de medir la diversidad.

2.11 ZONA DE AGROBIODIVERSIDAD DE QUISQUI

En la capital del distrito de Quisqui, Huancapallac, se lleva a cabo desde el 2001 el festival Muru Raymi (Fiesta de las semillas). Celebrado en junio, este festival reaviva tradiciones ancestrales propias de la cultura andina del lugar, a la vez que da la oportunidad a los agricultores de exponer los diferentes cultivos y variedades que manejan en sus chacras, pudiéndose encontrar un gran número de variedades de maíz, olluco, maca, mashua, etc. Particularmente, resalta la alta diversidad de tamaños, formas y colores de tubérculos de papa, lo que indica una alta diversidad de dicho cultivo en la zona.

En este contexto, al reconocer la existencia de una rica agrobiodiversidad nativa, que incluye diversidad de cultivos y de sus parientes silvestres, así como una cultura que mantiene y recrea dicha diversidad basada en sus conocimientos tradicionales, el Gobierno Regional del departamento de Huánuco, en los Andes centrales del Perú, decretó la creación de la Zona de Agrobiodiversidad (ZA) de Quisqui en 2014. Son tres, las comunidades que sustentaron

la creación de dicha ZA: Tres de Mayo de Huayllacayan, Santa Rosa de Monte Azul y San Pedro de Cani; las mismas que se encuentran en la Microcuenca de Mito.

Como se mencionó anteriormente, existen reportes de alta riqueza de papas, basados en nombres campesinos (Cruz 2001; Velasquez-Milla *et al.* 2011; IDMA 2016), sin embargo, aún no se había analizado otro componente importante de la diversidad: la equidad, mediante la cual se evalúa qué tan similares son las frecuencias de cada clase, o variedad de papa. Una baja equidad indica la dominancia de una o pocas variedades (Jarvis *et al.* 2008), por lo que resulta de gran utilidad para planear estrategias de conservación.

El contexto actual de cambio climático, y más aún, los inciertos escenarios futuros que, puedan presentarse como consecuencia de esta amenaza física, añaden un especial interés por implementar metodologías de monitoreo integrales y sencillas para detectar posibles pérdidas de diversidad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui, en el departamento de Huánuco, ubicado en la vertiente oriental de los Andes peruanos.

El área comprende zonas altoandinas de la Cuenca de Mito (Figura 2), un sistema hídrico perteneciente al río Higueras, el cual forma parte del gran sistema hidrográfico del Huallaga.

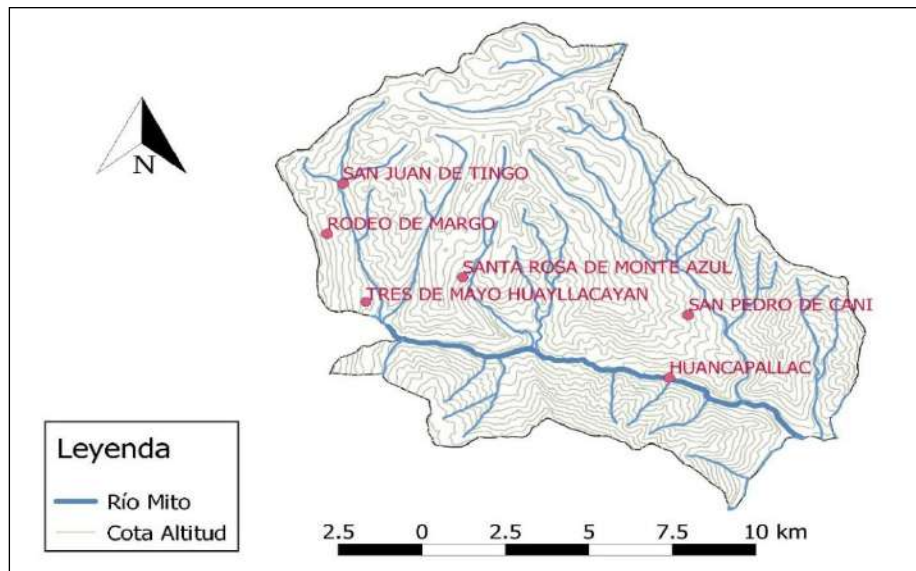


Figura 2. Cuenca del Río Mito y centros poblados asociados

Se estudiaron las comunidades de Santa Rosa de Monte Azul, Tres de Mayo de Huayllacallán, Rodeo de Margos y San Juan de Tingo. La primera de ellas se ubica en la subcuenca de Guellaymayo, en un rango altitudinal aproximado que va de los 3,000 a los 4,000 msnm y comprendida aproximadamente entre las coordenadas 09° 51' 44" y 09° 52' 57" de Latitud Sur y 76° 27' 30" 76° 23' 33" de Longitud Oeste. Por otro lado, las restantes se localizan en la subcuenca de Rangracancha, en un rango altitudinal aproximado que va de los 3,000 a los 4,200 msnm y comprendida aproximadamente entre las coordenadas 09° 50' 00" y 09° 52' 49" de Latitud Sur y 76° 30' 01" 76° 27' 29" de Longitud Oeste.

El paisaje es típicamente montañoso, en el cual alternan cumbres y quebradas, que pueden llegar a ser muy profundas. El relieve es accidentado y la topografía es predominantemente de pendiente. Es posible encontrar *cochas* (cuerpos de agua) y lagunas altoandinas entre las extensas áreas de pastizales, acompañadas por bofedales. Predominan dos ecosistemas naturales: matorral andino y pajonal de puna húmeda, junto a sistemas agrícolas (Figura 3 y 4d). Los matorrales, se caracterizan por vegetación leñosa y arbustiva de composición y estructura variable, con una cobertura de suelo superior al 10 por ciento que se extiende por más de 0,5 hectáreas. Mientras que, en los pajonales de puna húmeda abunda vegetación herbácea constituida principalmente por gramíneas de porte bajo y algunas asociaciones arbustivas dispersas; intercalándose vegetación saxícola en los afloramientos rocosos. Puede ocupar terrenos planos u ondulados o colinas de pendiente suave a moderada, caracterizándose por una cobertura de 30 – 50 por ciento (Figura 3).



Figura 3. Ecosistemas en la ZA de Quisqui. a) Matorrales andinos. b) Pajonales de puna húmeda. Fuente: MINAM

En cuanto al uso actual de tierras, en las zonas agrícolas abunda el cultivo de tuberosas, junto a herbazales abiertos, correspondientes a terrenos en descanso principalmente. En el pajonal de puna húmeda podemos encontrar algunas zonas de turberas, así como herbazales con y sin intervención. Finalmente, en las zonas más bajas, las de matorrales, encontramos principalmente herbazales intervenidos (usados para pastoreo) (Figura 4c).

Cabe mencionar que este sistema presenta dos estaciones marcadas: una época *seca* de abril a octubre, y una época corta de lluvias de noviembre a marzo (Velásquez 2009). Según la temperatura y la precipitación, es posible encontrar 5 zonas de vida (Figura 4b).

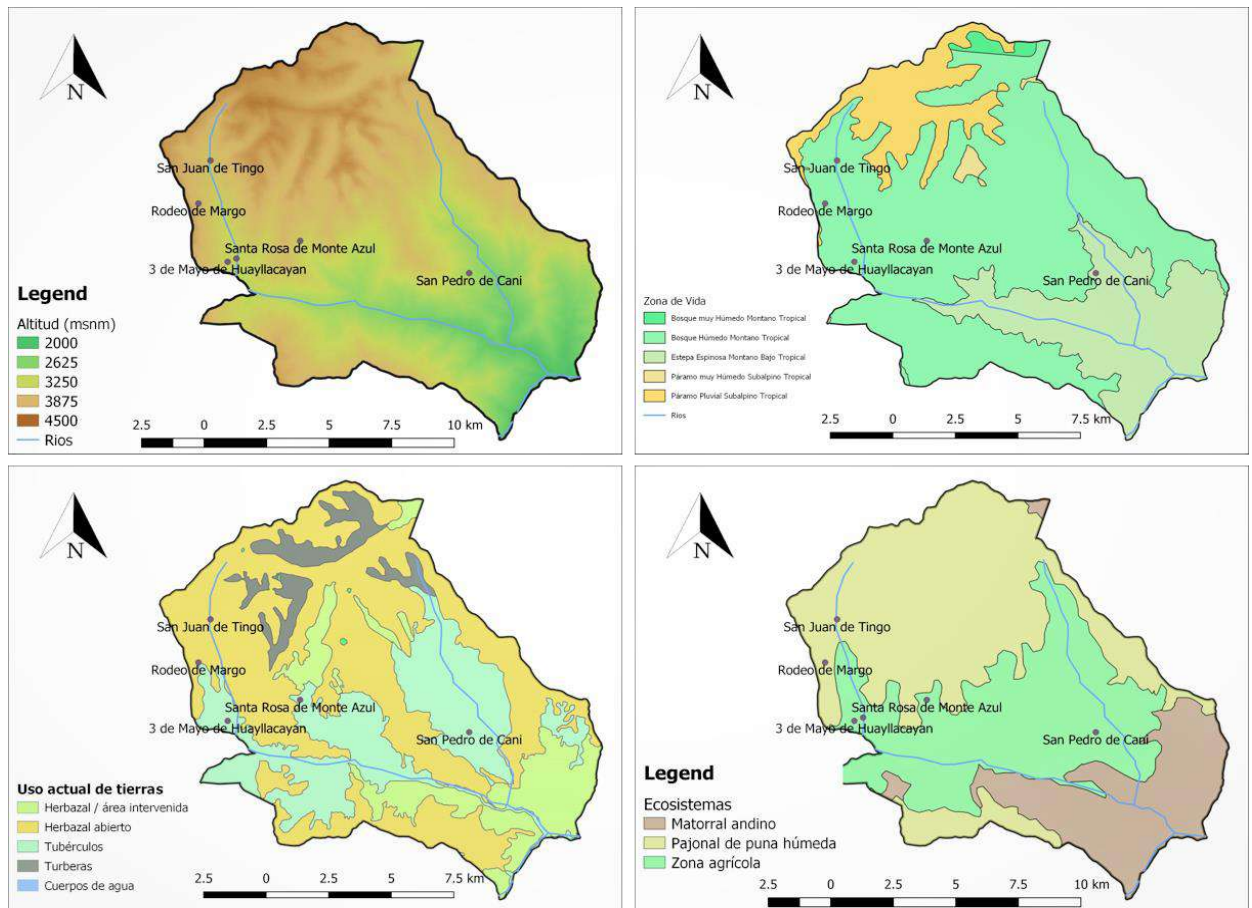


Figura 4. Centros poblados sobre los que se asienta la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui. a) Distribución altitudinal en la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui. b) Zonas de vida en la ZA de Quisqui. c) Uso actual de tierras en la ZA de Quisqui. d) Ecosistemas en la ZA de Quisqui

En cuanto a series históricas, la precipitación promedio durante los años 1981-2016 fue de 1000 mm aproximadamente (Figura 5) (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI] 2021). Por otro lado, las temperaturas máximas y mínimas promedio anuales de la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui, durante el periodo 1981-2016 presentaron un incremento de al menos 0.8 °C, con un promedio de 22 °C para las primeras y 8 °C para las mínimas (Figura 6) (SENAMHI 2021). Finalmente, la elaboración de un climograma muestra en el trimestre de junio a agosto se registró la menor cantidad de precipitación, lo que coincide con las temperaturas mínimas más bajas del año (Figura 7).

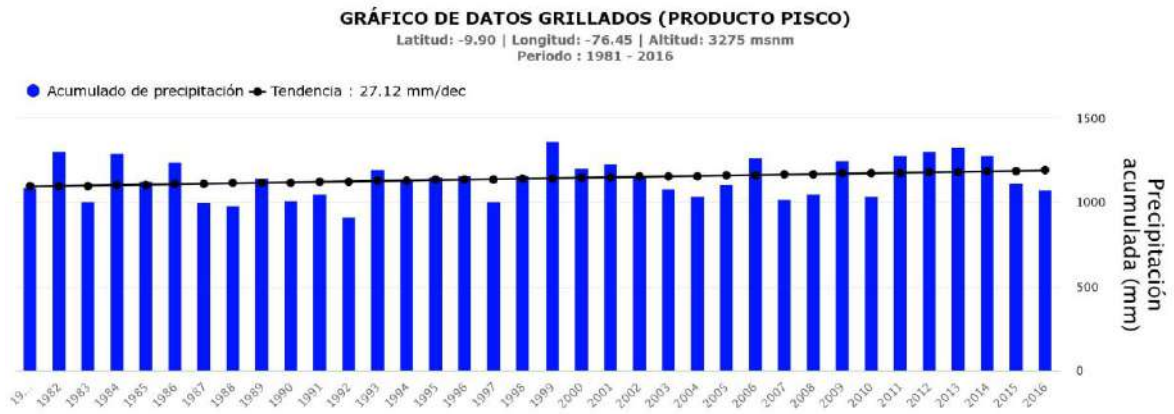


Figura 5. Precipitación en la ZA Quisqui durante el período 1981-2016. Fuente: Aplicativo web TENDHIS-SENAMHI

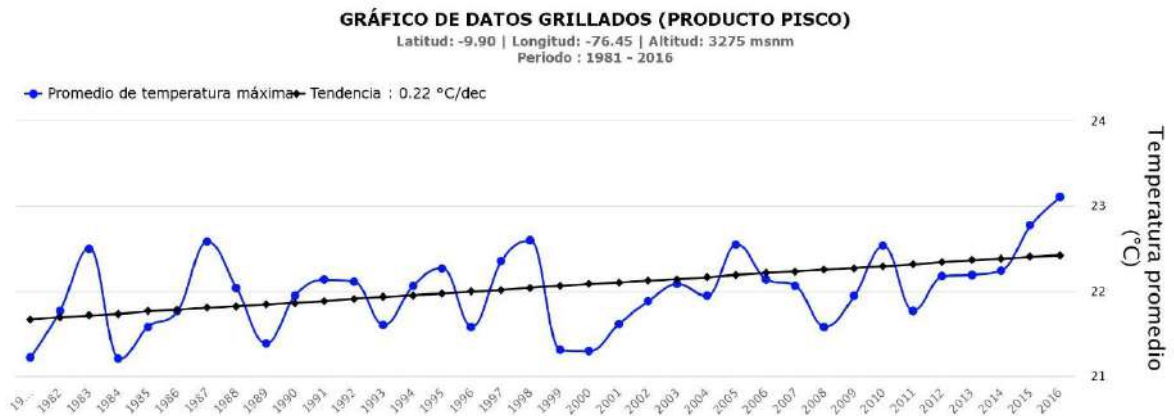


Figura 6. Temperatura máxima promedio anual en la ZA Quisqui durante el periodo 1981-2016. Fuente: Aplicativo web TENDHIS-SENAMHI

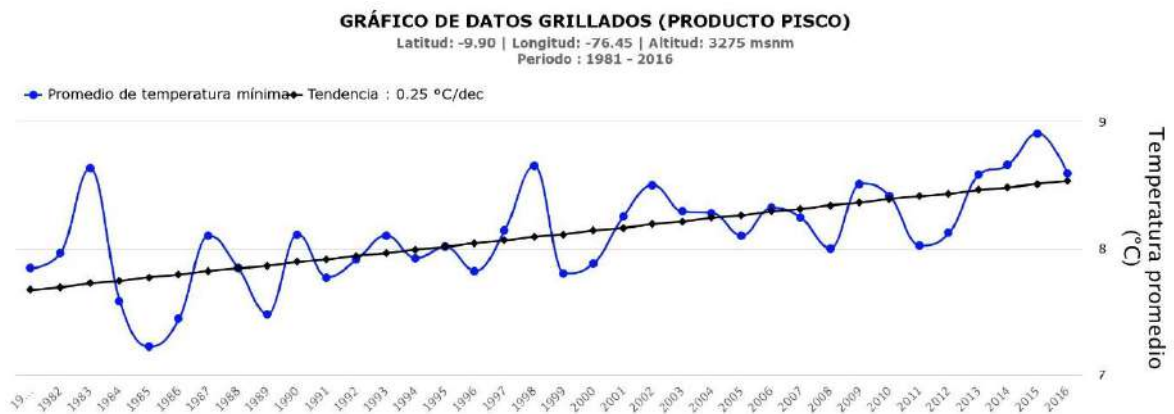


Figura 7. Temperatura mínima promedio anual en la ZA Quisqui durante el periodo 1981-2016. Fuente: Aplicativo web TENDHIS-SENAMHI

La Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2017 (INEI 2018) indica que, en el aspecto agrícola, los principales cultivos en Quisqui son la papa amarilla, el maíz amiláceo, la papa blanca, la calabaza y el melocotonero, predominando estos últimos en las zonas más bajas del distrito.

La misma fuente señala que la superficie promedio perteneciente a una familia es de 7.6 ha, las cuales se manejan principalmente con riego por gravedad (46 por ciento de los predios) y en menor medida por secano o con riego tecnificado (27 por ciento para cada uno). En un 85 por ciento de los casos se utiliza fertilizantes sintéticos. Además, el 70 por ciento de familias productoras reportan a la falta de mano de obra como la principal limitante para la actividad agrícola. Además, las familias productoras tienen en promedio 4 integrantes, y el 60 por ciento de ellas incluye a sus hijos en las labores de la chacra. El 50 por ciento de la población del distrito aprendió como lengua materna el quechua.

Finalmente, en cuanto al cultivo de la papa, en la ENA se reporta que el rendimiento promedio de papa amarilla es de 4.8 t/ha y de blanca 3.8 t/ha. Destinándose el 80 por ciento de la primera a venta, mientras que un 70 por ciento de la segunda se destina para la venta el autoconsumo.

3.2 DEFINICIÓN DE LA MUESTRA

En el estudio, se determinó como unidad de muestreo a una familia campesina, buscando trabajar con al menos el 10 por ciento de familias de las comunidades. Basándonos en el censo realizado en el punto de partida del proyecto Conservación *in situ* de los cultivos nativos y sus parientes silvestres en el Perú (Tabla 2), la muestra fue de 12 familias campesinas, 6 en cada subcuena. Adicionalmente se realizó una segmentación de acuerdo con el número de variedades que maneja cada familia, siendo estas: bajo (menos de 100 variedades), medio (100 a 200 variedades) y alto (más de 200 variedades).

Para llegar a las familias se utilizó la metodología de bola de nieve hasta alcanzar el número de familias en cada estrato. Una vez contactadas se les explicó la naturaleza y objetivos del trabajo y que su participación no conllevaría beneficios económicos, de esta forma se firmaron consentimientos informados previos.

Tabla 2: Población campesina de dos comunidades de la ZA Quisqui

Comunidades	Nivel de cuenca	Número de habitantes	Número de familias
Santa Rosa de Monte Azul	Alta	280	72
Huayllacayán	Alta	256	61
TOTAL		536	133

3.3 DIVERSIDAD DEL CULTIVO DE PAPA

Se definió a la diversidad del cultivo de papa, como a la diversidad varietal del cultivo, utilizándose un enfoque de caracterización con denominación local campesina (Velásquez *et al.* 2011; Torres *et al.* 2016), es decir los nombres con los que los agricultores identifican a sus variedades, sean nativas o modernas. El término “variante” utilizado por Velásquez *et al.* (2011) es un equivalente al termino variedad usado en el presente trabajo.

Después de contactar con cada familia se acordó visitar sus almacenes de semilla, realizándose un muestreo del *stock* de semilla al final de la campaña 2016-2017, correspondiente al 25 por ciento del total de tubérculos-semilla de dicho *stock*. En donde los agricultores almacenaban sus semillas en sacos, se procedió evaluar 1/4 de cada saco de papa, mientras que en los almacenes en donde las semillas eran guardadas en el piso o sobre paja, se trazaron 2 perpendiculares imaginarias sobre la superficie que contenía las semillas y se seleccionó uno de estos cuadrantes al azar para ser evaluado.

Una vez en los almacenes, se les indicó a los agricultores participantes que separasen los tubérculos en las diferentes variedades que reconocen. Se registraron estos nombres para obtener la riqueza varietal. Adicionalmente se registró el peso de los tubérculos de cada variedad, con el objetivo de utilizar la información de biomasa (kg) en la construcción de los índices de diversidad. Se utilizaron balanzas de tipo "romana" marca Henkel con una precisión de 0.01 g.

Los nombres dados por los campesinos pasaron por un tratamiento de uniformización para tener una mayor exactitud a la hora de determinar la riqueza varietal y la diversidad. En un

primer lugar se corrigieron los nombres con la ayuda del Sr. Fernández, reconocido agricultor conservacionista a nivel nacional. Posteriormente, se realizó un taller de sinonimia en la comunidad de Monte Azul, en donde se invitó a los 12 agricultores participantes y a otros miembros de la comunidad. Se presentaron 200 variedades colectadas del *stock* de semillas del Sr. Alejo que, si bien no incluyeron la totalidad de las variedades registradas, se consideró un número suficientemente grande para el ejercicio de uniformización. Se entregó a cada participante pequeñas boletas, pidiéndoles que las identifiquen con sus iniciales, en el que escribieron el nombre con el que conocía a cada variedad, para luego colocarlas en pequeñas ánforas junto a cada muestra. Una vez acabada la identificación, se procedió a mostrar el contenido de las ánforas y después de una pequeña deliberación se llegó mediante consenso a nombrar la variedad.

Se planteó una escala del 1 al 5 para calificar cada caso en el que se encontraron diferencias entre los nombres consensuados y los depositados en el ánfora (1 = menor cantidad de nombres diferentes y 5 = mayor cantidad de nombres diferentes), según la cantidad de nombres diferentes reportados. Los casos de las categorías de 3 a 5 se evaluaron de forma más meticulosa, mientras que para las categorías 1 y 2 se procedió a cambiar los nombres originales por los consensuados, en la lista inicial de variedades, de forma directa.

Finalmente, se corrigió la escritura usando la segunda edición del diccionario Rimaycuna: Quechua de Huánuco (Weber *et al.* 1998).

Con la lista unificada, se calcularon los índices de Simpson y Shannon, los cuales fueron adaptados para la presente investigación, expresándose de la siguiente manera:

Simpson:

$$\gamma = 1 - \sum_i p_i^2$$

Donde γ es la diversidad del cultivo de papa y p_i es la proporción de biomasa de cada variedad de papa, sobre la biomasa total de todas las variedades de papa. Este índice indica la probabilidad de que dos tubérculos muestreados en un mismo almacén de semillas pertenezcan a la misma variedad. Valores cercanos a 1, indican mayor diversidad.

Shannon:

$$D = - \sum p_i \ln p_i ;$$
$$D \geq 0$$

Donde D es la diversidad del cultivo de papa y p_i es la proporción de biomasa de cada variedad de papa, sobre la biomasa total de todas las variedades de papa. Parte del hecho de que, a mayor diversidad, mayor es la incertidumbre al elegir al azar una variedad en específico. Su rango va de 0 hasta el $\log(S)$ (S =número de variedades de papa). Un valor más alto, indica mayor diversidad.

Se utilizó el software Past (Hammer *et al.* 2001) para el cálculo de dichos índices de diversidad. Posteriormente, se comparó las diferencias entre subcuencas a través de una prueba de t-Student con la función *t.test* del paquete *stats* v. 4.1.0 de R (R Core Team 2020). Finalmente, usando la estadística descriptiva se realizaron tablas y graficas utilizando el paquete *ggplot* v. 3.2.1 (Wickham 2016)

3.4 FACTORES ASOCIADOS AL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD DEL CULTIVO DE PAPA

Con cada una de las familias de las que se registró la diversidad, se aplicaron entrevistas semiestructuradas con el objetivo de recopilar información sobre factores ambientales, socioeconómicos y culturales-tecnológicos afectando el manejo y conservación de la diversidad del cultivo de papa. Posteriormente, con esta información, se determinó el valor de los índices desarrollados por Velásquez *et al.* (2016) y se evaluó la relación existente entre ellos y la diversidad encontrada.

Los índices relacionados con la diversidad del cultivo de papa (Velásquez *et al.* 2016) son:

1. Índice de Distribución de Parcelas
2. Índice de Identidad Cultural
3. Índice de Manejo Agrícola Tradicional
4. Índice de Arraigo

5. Índice de Autosubsistencia
6. Índice de Tamaño y fuerza familiar

Los cálculos para cada uno de estos se muestran en el Tabla 3 (en el Anexo 1 se muestran la totalidad de las variables para su cálculo).

Tabla 3: Índices de factores ambientales, culturales y socioeconómicos y operaciones relacionadas a su cálculo

Índice	Definición
Índice de Distribución de Parcelas (IDIAP) = $0.45 \times NPZA + 0.35 \times NPZM + 0.2 \times NPZB$	
NPZA = Número de Parcelas en Zona Alta; NPZM = Número de Parcelas en Zona Media; NPZB = Número de Parcelas en Zona Baja	
Índice de Identidad Cultural (IIDCU) = $0.4 \times AAT + 0.25 \times IQ + 0.2 \times EAI + 0.1 \times EJA + 0.05 \times EHA$	
AAT = Apropiación de Tradiciones Agrícolas	Expresa la relación de tradiciones asociada a la agricultura (costumbres, rituales, festividades) reconocidas, practicadas y transmitidas por el jefe de familia y el número máximo de tradiciones apropiadas identificadas en el estudio.
IQ = Idioma Quechua	Expresa el grado del uso del idioma quechua del jefe de familia: 1 = solo quechua, 0.5 = bilingüe, y 0 = solo español
EAI = Edad como Agricultor Independiente	Expresa la relación inversa entre la edad a la que el jefe de familia inició el cultivo de papa y la mínima edad identificada entre los jefes de familia
EJA = Estimulo de Jefe de familia como Agricultor	Expresa la edad a la que el jefe de familia aprendió el trabajo de agricultor (1 = infante, 0.5 = adolescente, 0.25 = adulto), la proporción de variedades heredadas con relación a todas las variedades documentadas, la proporción de área heredada en comparación a la máxima identificada, y el origen de su predio como agricultor independiente: 1 = herencia; 0.75 = repartición; 0.50 = arrendada, y 0.25 = comprada.
EHA = Estimulo del Hijo como Agricultor	Expresa la cantidad de medios tradicionales que un jefe de familia cree necesario enseñar y proporcionar a sus hijos, en comparación con la totalidad de medios modernos y tradicionales.

Índice de Manejo Agrícola Tradicional (IMAT) = 0.75 × CAT + 0.25 × CFS	
CAT = Conservación de Agricultura Tradicional CAT = (SCPN + TT + AM) / 3	SCPN = Superficie cultivada con papa nativa, que es el área cultivada por familia con relación a la mayor área entre los agricultores identificados en este estudio
	TT = Tecnologías Tradicionales, que expresa la relación de tecnologías tradicionales clave: i) terrenos en descanso, ii) tipo de labranza, iii) uso de estiércol, iv) almacenamiento de semilla
	AM = Ayuda Mutua: 1 = solo ayuda mutua, 0.5 = ayuda mutua y trabajadores, y 0.33 = baja ayuda mutua y trabajadores
CFS = Conservación del Flujo de Semilla CFS = (EB + MOS) / 2	EB = Esfuerzo de Búsqueda, expresada por la extensión de búsqueda calculada como el producto del ámbito de búsqueda: 1 = local; 2 = regional; 3 = interregional; 4 = local/regional; 5 = local/interregional; 6 = regional/interregional; 7 = local/regional/interregional, y la intensidad de búsqueda, calculada como la sumatoria del número de lugares visitados: No. lugares locales + 2 × No. lugares regionales + 3 × No. lugares interregionales.
	MOS = Mecanismo de Obtención de Semilla, que indica la presencia de mecanismos tradicionales de obtención: 1 = trueque y regalo; 0.8 = trueque o regalo; 0.6 = trueque, regalo y compra; 0.4 = compra, trueque o regalo; 0.2 = compra; 0 = ninguna.
Índice de Autosuficiencia (IAs) = VPCD / (VPCD + IT)	
VPA = Valor de la Producción para Autoconsumo	Calculado como el valor monetario de la producción agropecuaria destinado para autoconsumo
IT = Ingresos Totales	Calculado como la sumatoria del valor monetario de la producción agrícola total, salarios e ingresos provenientes de programas de asistencia social
Índice de Tamaño Familiar (ITF) = Número de miembros / Máximo número de miembros	
Índice de Fuerza Laboral (IFL) = Número de miembros mayores de 12 años / Máximo número de miembros mayores de 12 años	

Se determinó la relación de los índices con las variables de riqueza y diversidad mediante regresiones lineales y el coeficiente de correlación de Pearson, para las variables con distribución de frecuencias normales y la correlación de Spearman, para las variables no normales. Las funciones *lm* y *shapiro.test* del paquete *stats* v. 4.1.0 de R (R Core Team 2020) se utilizaron para realizar las regresiones lineales y la prueba de normalidad,

respectivamente. Por otro lado, las correlaciones y su diagramación se realizó con las funciones *cor.mtest* y *corrplot* del paquete *corrplot* para R (Wei 2017), respectivamente.

Además, también se realizó un análisis multivariado con la metodología de Random Forest (Breiman 2001) con el fin de determinar las variables con mayor importancia al explicar la diversidad. Las variables se estandarizaron a una misma escala con una media de 0 y desviación estándar de 1. Se utilizó la función *randomForest* del paquete *randomForest* para R (Liaw y Wiener 2002) para desarrollar los modelos, mientras que para la evaluación de la importancia de las variables y su diagramación se recurrió a la función *measure_importance* y *plot_multi_way_importance* del paquete *randomForestExplainer* para R (Paluszyńska 2018), respectivamente.

Finalmente, se efectuaron análisis de las similitudes entre los agricultores utilizando análisis de agrupamiento (Sneath y Sokal 1973, citados por Velásquez 2009), mediante el programa MINITAB 17 (Minitab 2013).

En el caso de análisis de agrupamiento, se buscó determinar tipologías de agricultores de acuerdo con la riqueza, diversidad y su forma de manejo y conservación. Se utilizó la distancia euclidiana como medida de disimilitud y el algoritmo de grupos pareados para determinar los agrupamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIVERSIDAD DEL CULTIVO DE PAPA

4.1.1 Sinonimia y homonimia de los nombres de variedades de papa

Una fase de suma importancia para la determinación de la riqueza y la diversidad del cultivo de papa fue el tratamiento que se dio a los nombres para evitar duplicas o sinonimias entre los nombres dados por los agricultores. Durante un taller grupal, se obtuvieron los nombres con los que cada agricultor conoce a cada variedad, además de un nombre consensuado, que fue tomado como el nombre real de la variedad.

Además, después de realizado el taller de sinonimia, se clasificaron los casos en los que se reportaron más de un nombre diferente, según una escala ordinal del 1 al 5, siendo la categoría 5, los casos con mayor variedad de nombres y, por lo tanto, los que más problemas podrían traer a la hora de juzgar una posible sinonimia (Tabla 4). El 35 por ciento (70) de los casos entraron en las categorías de mayor complejidad (4 y 5). Por otro lado, solo el 16 por ciento (32) de los casos no presentaron coincidencias en los nombres reportados durante la actividad.

Tabla 4: Nivel de sinonimia de las variedades de papa en la ZA de Quisqui

Categoría	Frecuencia
1	32
2	35
3	63
4	56
5	14

Los casos de las categorías 1 y 2 los nombres fueron unificados sin considerar otro aspecto. En cuanto a las demás categorías, se prefirió no considerar sinonimias cuando el agricultor había identificado con el nombre real de una variedad u otra variedad diferente. En estos casos, se le asignó un código relacionado al nombre del agricultor (e.j. Sabino-01). Esto concuerda con lo recomendado por Sadiki *et al.* (2011) quienes sugieren no descartar variedades por llevar los mismos nombres, ya que la diversidad podría perderse.

4.1.2 Riqueza, abundancia y diversidad del cultivo de papa

Se registraron 682 variedades diferentes de papa, entre nativas y modernas, manejadas por los agricultores de la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui. Los resultados a nivel de Zona de Agrobiodiversidad, subcuena y agricultor se presentan en el Tabla 5.

En la subcuena del Güellemayo se encontró mayor riqueza que en la subcuena del Rangracancha (505 y 421 variedades respectivamente). En promedio, los agricultores poseen alrededor de 112 variedades de papa, con una riqueza promedio mucho mayor en la subcuena del Güellemayo, con 129 variedades nativas sobre las 95 de la del Rangracancha (Figura 8a). A nivel de toda la ZA de Quisqui, los señores Fernández y Rosado manejan la mayor riqueza con más de 180 variedades, mientras que las señoras Ponce y Borja y el señor Vela poseen la menor riqueza, con menos de 80 variedades.

Los resultados indican una menor cantidad de variedades que lo encontrado por Velásquez-Milla *et al.* (2011) en el mismo distrito durante el periodo 2001-2005 (910 variedades de papa), quien trabajó con 15 agricultores. A la vez, este número de riqueza varietal coincide con lo reportado por el Proyecto Modelos de Gestión de la Agrobiodiversidad que promueven la Soberanía Alimentaria - ABISA (IDMA 2016), que indica la existencia de 699 ecotipos de papa en el distrito de Quisqui, los que fueron registrados en una Feria de Agrobiodiversidad durante 15 años.

Por otro lado, estos resultados superan ampliamente el número de morfotipos de papa en el departamento de Huánuco descritos por Egúsqiza (2015). En su trabajo, se incluyeron algunas muestras del distrito de Quisqui.

Tabla 5: Riqueza y diversidad del cultivo de papa en dos cuencas de la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui en la campaña 2016-2017

	Edad	Variedades de papa	Peso del <i>stock</i> (ton)	Simpson (1-D)	Shannon (H)
ZA Quisqui		682	1.72*	0.86	2.77
Guellemayo		505	1.42*	0.79	2.27
R_Chaupis (<i>m</i>)	58	131	0.5	0.78	2.59
W_Chaupis (<i>m</i>)	30	95	1.4	0.71	1.82
J_Rosado (<i>m</i>)	41	182	3.8	0.67	1.65
S_Alejo (<i>m</i>)	64	150	1.0	0.58	1.53
C_Dionisio (<i>m</i>)	26	100	1.1	0.54	1.65
J_Lama (<i>m</i>)	25	119	0.7	0.47	1.57
Rangracancha		420	2.03*	0.89	2.96
V_Fernandez (<i>m</i>)	60	188	2.9	0.89	2.73
P_Borja (<i>f</i>)	40	74	3.1	0.8	2
F_Antonio (<i>m</i>)	49	120	2.9	0.77	2.19
H_Ponce (<i>f</i>)	48	30	0.7	0.77	1.83
A_Solis (<i>f</i>)	50	84	1.6	0.74	2.09
L_Vela (<i>m</i>)	50	74	1.0	0.49	1.43

Nota: *Peso promedio (t) del *stock* de semillas a nivel de micro-cuenca y la ZA de Quisqui

En cuanto al peso total de las semillas (abundancia), los agricultores de la cuenca del Rangracancha seleccionaron una mayor cantidad de semilla, con 11.3 t (2.03 ton en promedio) sobre las 8.4 ton (1.42 ton en promedio) de los agricultores del Guellemayo (Figura 8b). Los señores Rosado, Fernández, Antonio y la señora Borja manejaron la mayor cantidad de semillas, con un *stock* mayor a 2.9 t.

Los índices de Simpson y Shannon indican que se maneja una alta diversidad. Sin embargo, en la sub-cuenca del Rangracancha habría una mayor diversidad del cultivo de papa que en la del Guellemayo (Shannon: 2.96 y 2.25; Simpson: 0.89 y 0.79, respectivamente). Ambos índices posicionan al señor Fernández y al señor R. Chaupis, de la subcuenca del Rangracancha y Guellemayo, respectivamente, como poseedores de los *stocks* más diversos

(Shannon: 2.73 y 2.59; Simpson: 0.89 y 0.78, respectivamente). Por otro lado, los señores Vela y Lama, pertenecientes uno a cada subcuenca, presentaron la menor diversidad (Shannon: 1.43 y 1.57; Simpson: 0.50 y 0.47, respectivamente).

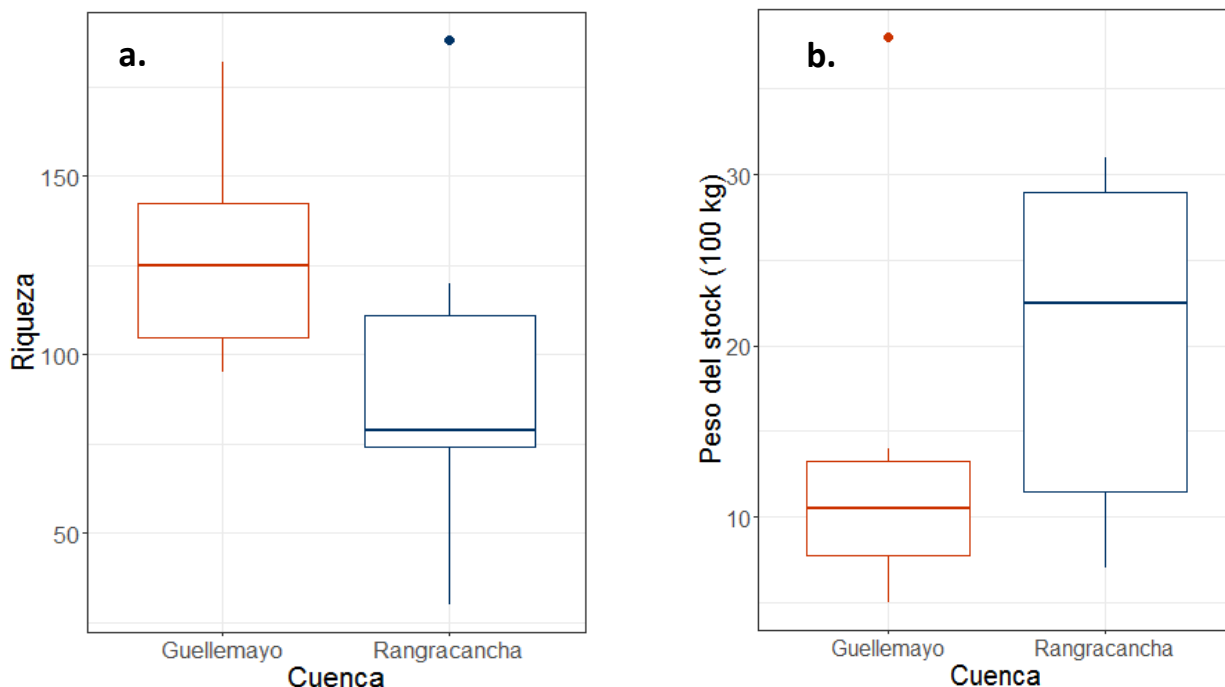


Figura 8. Riqueza y peso del stock de semillas manejadas por productores de la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017. a. Comparación de la riqueza de los agricultores las cuencas del Guellemayo y Rangracancho, y b. Comparación del peso total del stock de semillas de los agricultores de las cuencas del Guellemayo y Rangracancho

El resultado de la prueba *t-student* para las medias de cada una de las variables mencionadas no fue significativo, demostrando la similitud entre ambas cuencas. Los resultados se muestran en el Tabla 6.

Tabla 6: Resultados de la prueba t de contraste de medias entre cuencas en la ZA de Quisqui

Variable	t	G.L.	p-valor
Riqueza	1.3	10	0.22
Abundancia	-0.9	10	0.37
Simpson	-1.7	10	0.12
Shannon	-1.0	10	0.33

No existen datos de la utilización de estos índices para el caso del cultivo de papa, ni para la zona de estudio, ni en el país. En la amazonia peruana, Collado (2002) comparó la diversidad agrícola de 13 comunidades nativas en los departamentos de Ucayali, Huánuco y Pasco, quienes manejaron diferentes variedades de yuca, maíz, frijol, maní y ají. Un Índice de Shannon modificado, que determinó la diversidad interespecífica para estas comunidades, tuvo valores entre 5.18 y 10.43.

La presente investigación buscó ser un aporte metodológico para la evaluación de la diversidad de cultivos a través de los índices de Simpson (1949) y Shannon (1949), en ese sentido se buscó la forma más conveniente de calcular la abundancia relativa (p_i) de cada variedad. Se eligió a la biomasa, expresada por el peso de las semillas de cada variedad, descartándose aproximaciones que implican identificar las variedades sembradas en campo, número de individuos por variedad y área sembrada de cada variedad (Bonneuil 2012; Tiongco y Hossain 2015). Esto debido a que, en este estado, son varios los factores que pueden afectar el estado de las plantas en campo, además que la identificación de cada variedad se hace muy difícil, pues como afirma Brush (2004), las variedades se distinguen principalmente por las características de los tubérculos y son muy raros los casos en el que los agricultores las identifican por medio de alguna otra característica como el color de la flor o los tallos. Una segunda posibilidad fue contar el número de tubérculos de cada variedad. Pero esta investigación no se redujo a solo las variedades nativas, sino al cultivo de papa en general, incluyendo variedades modernas; ya sea que se siembren en monocultivo o que hayan sido incorporadas en los sistemas tradicionales de siembra en mezcla o *huachuy*. Ya que se encontró dificultad el contar la cantidad total de tubérculos de las 5 variedades más abundantes (Yungay, Canchán, Amarilla Tumbay, Hualash y Tomasa), de las que se pueden llegar a manejar más de 1000 kg de semilla, esta opción también se descartó.

Como ya se mencionó, los índices de diversidad y la riqueza varietal fueron altos en la zona de estudio. Sin embargo, los patrones de diversidad de los índices de Simpson y Shannon fueron distintos a los de la riqueza varietal. Esto tanto a nivel de subcuencas, como de agricultor. Casos interesantes son los del señor Fernández y Rosado (Tabla 5). El primero conserva el mayor número de variedades, a la vez que posee la mayor diversidad. Mientras que el señor Rosado, es el segundo con mayor riqueza, pero es de los que menor diversidad maneja. La razón estaría en el número de variedades que destinan a la comercialización. Mientras que el señor Fernández ha encontrado mercado para varias de sus variedades

nativas, el otro centra su producción en solo dos. Por otro lado, el caso de la señora Ponce, quien posee la menor riqueza (30 variedades), pero índices de diversidad altos (Simpson = 0.77, Shannon = 1.83), nos indicaría la necesidad de basarnos en ambas variables (riqueza e índices de diversidad), para tener una mejor comprensión del estado de la diversidad. Lo que contrasta con lo expresado por Bonneuil *et al.* (2012), quienes recomiendan basarse solo en indicadores de diversidad. Esta consideración cobra relevancia al momento de proponer acciones de manejo y conservación de la agrobiodiversidad.

Por otro lado, la tendencia mostrada por ambos índices de diversidad es similar (Tabla 5), lo que concuerda con lo comentado por Buckland (2005), se pueden sacar las mismas conclusiones de ambos índices, en la mayoría de los casos. Sin embargo, el mismo autor y Magurran (2004) consideran inferior al índice de Shannon porque es menos sensible a los cambios en la distribución de las abundancias varietales. Esto es especialmente crítico en sistemas con altas perturbaciones ambientales, como podrían ser los Andes por su alta variabilidad climática. En estos casos el índice de Simpson debería comportarse mejor (Buckland 2005). Además, el índice de Simpson presenta una menor variabilidad (Lande 1996).

Con el objetivo de evaluar la sensibilidad de los índices de diversidad a grandes cambios en la riqueza de variedades del cultivo de papa, se determinaron los índices de Simpson y Shannon para el primer cuartil del *stock* de semillas de cada agricultor (Tabla 7). Se comprobó la normalidad de los datos y se procedió a realizar una prueba *t-student* para muestras pareadas. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa para los índices medidos con la totalidad de las variedades y la medida con el primer cuartil (Tabla 8 y 9).

La diferencia de medias para el caso del índice de Shannon es mayor que el del índice de Simpson. Esto debido a que el índice de Simpson es conocido como el índice de la dominancia, siendo muy poco sensible al incremento de una nueva variedad rara, que es el caso de la mayoría de las variedades de papa en la ZA de Quisqui. Esto es especialmente visible en el caso del señor Fernández, cuyo índice de Simpson se incrementa en 0.01 al considerar la totalidad de sus variedades, frente al 25 por ciento más abundante. Además, el índice de Shannon es mucho más sensible a la riqueza varietal que, a la equidad, mostrando una mayor diferencia al disminuir la cantidad de variedades con las que se calculó.

Tabla 7: Índices de Simpson y Shannon para la totalidad (T) y el primer cuartil (Q1) del stock de semillas de los agricultores de la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017

Agricultor	Simpson T	Shannon T	Simpson Q1	Shannon Q1
<i>SC Guellemayo</i>	0.79	2.25	0.77	1.88
SegSalas	0.78	2.59	0.69	1.77
WalChaupis	0.71	1.82	0.68	1.50
JavRosado	0.67	1.65	0.64	1.36
SabAlejo	0.58	1.53	0.55	1.25
ClyDionisio	0.54	1.64	0.48	1.22
JosLama	0.47	1.57	0.40	1.16
<i>SC Rangracancho</i>	0.89	2.96	0.88	2.60
VicFernandez	0.89	2.73	0.88	2.49
PreBorja	0.8	2	0.78	1.70
FelAntonio	0.77	2.19	0.73	1.73
HilPonce	0.77	1.83	0.72	1.41
AndSolis	0.74	2.09	0.71	1.71
LorVela	0.5	1.43	0.40	0.91

Tabla 8: Diferencia del índice de Simpson medido para la totalidad (T) y el primer cuartil (Q1) del stock de semillas de los agricultores de la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017

	N	Promedio	Desviación Estándar	Error Estándar
Simpson T	12	0.6835	0.1334	0.0385
Simpson Q1	12	0.6383	0.1506	0.0435
Diferencia	12	0.0451	0.0271	0.0078
		T-value = 5.76	p-value = 0.000	

Nota: El p-value=0.000 nos indica una diferencia significativa, por lo que se estima que el índice de Simpson es suficientemente sensible a la cantidad de variedades de papa en Quisqui

Tabla 9: Diferencia del índice de Shannon medido para la totalidad (T) y el primer cuartil (Q1) del stock de semillas de los agricultores de la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017

	N	Promedio	Desviación Estándar	Error Estándar
Simpson T	12	1.923	0.416	0.12
Simpson Q1	12	1.518	0.407	0.0435
Diferencia	12	0.4051	0.1556	0.0078
T-value = 9.02			p-value = 0.000	

Nota: El p-value=0.000 nos indica una diferencia significativa, por lo que se estima que el índice de Shannon es suficientemente sensible a la cantidad de variedades de papa en Quisqui

4.1.3 Variedades de papa sembradas en la ZA de Quisqui

Se determinaron las variedades más abundantes según su peso en el *stock* de semillas de cada agricultor, encontrándose que las variedades más sembradas son Canchán, Yungay, Tomasa, Amarilla Tumbay y Hualash. Las 4 primeras son variedades comerciales producto del mejoramiento genético, aunque la variedad Amarilla Tumbay pertenece a una especie nativa: *Solanum stenotomum* subsp. *goniocalyx* Juz. & Bukasov. Hualash es una variedad nativa, usada principalmente para la preparación de *tokosh*, insumo de altísimo valor para la gastronomía andina tradicional y que además posee grandes propiedades medicinales y antibióticas. Las variedades Hualash, Amarilla Tumbay y Yungay son las que más agricultores manejan (12, 10 y 9, respectivamente). Cabe resaltar que, junto con el fin alimenticio, estas variedades también tienen un propósito comercial, lo que explicaría la mayor abundancia y por lo tanto las diferencias en lo indicado por la riqueza y los índices de diversidad. En la Figura 9, se presentan las 20 variedades más abundantes manejadas por los productores. De forma contrastante, en el Tabla 10 se presentan las 20 variedades menos abundantes en la ZA de Quisqui.

La abundancia a nivel de subcuenca sigue la misma tendencia, siendo Canchán, Yungay, Hualash y Amarilla Tumbay las más predominantes. Por otro lado, se observa una menor equidad en Guellemayo (las 4 variedades más abundantes representan el 86 por ciento de todo el *stock*), que en Rangracancho, razón por la que los índices de diversidad son más altos

en la última subcuena. Las 10 variedades más abundantes de cada subcuena se muestran en el Tabla 11.

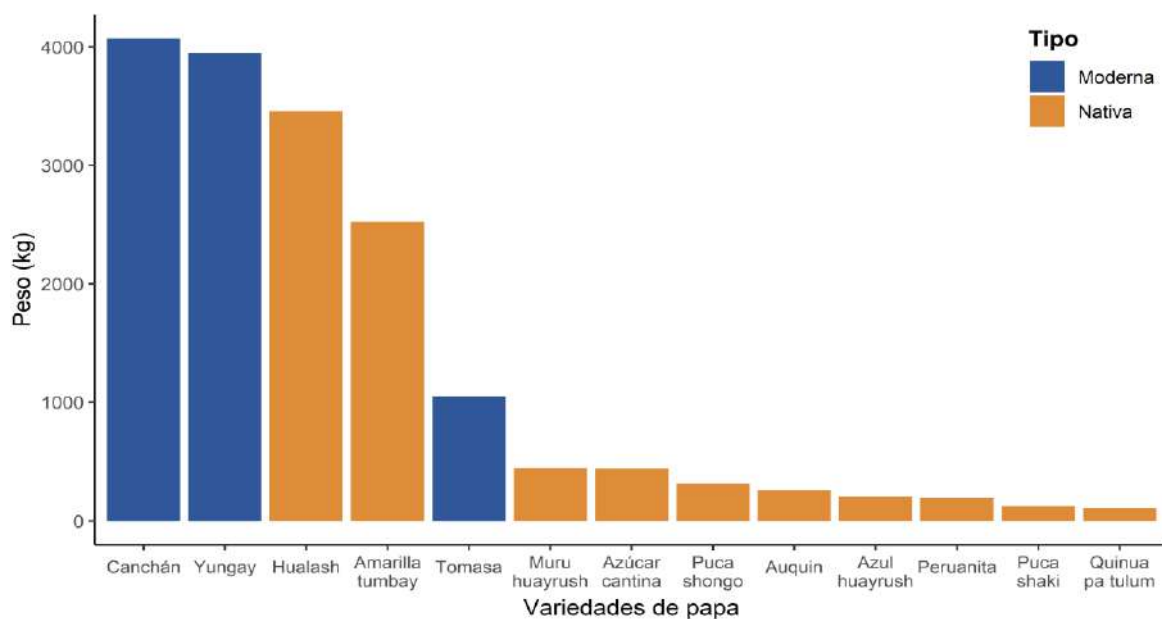


Figura 9. Variedades más abundantes en la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017

Tabla 10: Variedades menos abundantes en la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017

Variedad	Peso
Puca oque huayrush	0.78
Tarushpa wagan	0.78
Yawar huayco	0.78
Yuraj duraznillo	0.78
Yuraj tashga	0.78
Muru jagre	0.77
Muru pishgush	0.77
Wacarina	0.77
Yuraj ñawi	0.77
Azul gantu	0.76
Culeto	0.76
Huagalina	0.76
Huamali juito	0.76
Magtillo	0.76
Milagro	0.76
Tornasol	0.76
Turmanyó	0.76
Yana tornillo	0.76
Garhuash uma	0.75
Yuraj oga juito	0.75

Esta predominancia de las variedades mejoradas, usualmente llamadas "papas blancas", concuerda con lo reportado para toda la región de Huánuco en el IV Censo Nacional Agropecuario (INEI 2012). Considerando las unidades agropecuarias menores a 5 ha, las papas blancas ocuparon más del doble del área destinada a las papas nativas (tradicionales) en la región, con más de 10 mil ha.

Tabla 11: Variedades más abundantes por subcuenca en la ZA de Quisqui

SC Guellemayo		SC Rangracancha	
Variedad	Peso (kg)	Variedad	Peso (kg)
Yungay	2710.0	Canchán	2500.0
Hualash	1932.5	Hualash	1523.9
Canchán	1570.3	Amarilla tumbay	1434.3
Amarilla tumbay	1090.0	Yungay	1240.0
Quinoa pa tulum	77.1	Tomasa	1050.0
Auquin	60.0	Muru huayrush	408.6
Puca camote juito	46.5	Azúcar cantina	402.4
Azúcar cantina	38.3	Puca shongo	311.1
Muru huayrush	37.1	Azul huayrush	205.0
Mula jitarpoj	22.0	Auquin	202.6

La evaluación de la cantidad de agricultores manejando cada variedad de papa permitió clasificar en cinco categorías a las variedades de acuerdo con la siguiente escala: 1 = muy común, 2 = común, 3 = poco común, 4 = rara y 5 = muy rara (Tabla 12). El 82 por ciento (562) de las variedades cultivadas en la ZA de Quisqui fueron muy raras, pues solo las tuvieron 1 o 2 agricultores en las sub-cuencas visitadas. Por otro lado, solo el 2 por ciento (13) de variedades fueron muy comunes o comunes (Tabla 12), al ser encontradas en el *stock* de 8 a 12 agricultores. En esta categoría podemos encontrar tanto variedades muy abundantes en peso como Canchán, Yungay o Hualash (peso promedio > 2 ton/agricultor), como otras mucho menos abundantes: Yana huayrush, Puca huayrush, Puca culebra y Yuraj piña (peso promedio < 30 kg/agricultor) (Tabla 13). Resultados similares, aunque con metodología diferente de muestreo, encontró Velásquez (2009) en el mismo distrito, con 5 por ciento (31) de variedades consideradas comunes y muy comunes y el 82 por ciento (444) de variedades,

raras y muy raras. Siendo lo primero particularmente de interés, pues la cantidad de variedades muy comunes o comunes ha disminuido de 31 a 13 en un periodo de 12 años.

Tabla 12: Clasificación de las variedades de papa según su abundancia en la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017

Categoría	Sifnificado	# Variedades
1	Muy común	5
2	Común	8
3	Poco común	49
4	Rara	356
5	Muy rara	264

Tabla 13: Variedades muy comunes y comunes en la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017

Variedad	# Agricultores	Peso total en stock (kg)
Hualash	12	3456.4
Azúcar cantina	11	440.7
Peruanita	11	197.4
Quinoa pa tulum	11	108.4
Wacapa gillum	11	31.1
Amarilla tumbay	10	2524.3
Mula jitarpoj	10	43
Puca huayrush	10	28.5
Canchán	9	4070.3
Yana huayrush	9	24.3
Yungay	9	3950
Muru huayrush	8	445.7
Puca culebra	8	11.8
Yuraj piña	8	8.6

En el Tabla 14, se observa la cantidad de variedades muy raras y raras y el porcentaje que representan del *stock* total de cada agricultor de la ZA de Quisqui. El señor Fernández posee el mayor número de variedades raras y muy raras (139 variedades), lo que representa el 74 por ciento de su *stock* de semillas. El productor con mayor porcentaje de variedades raras y muy raras fue el señor Alejo con 81 por ciento de su *stock*. Son los agricultores de la sub-

cuenca del Guellemayo que manejan un mayor número de variedades raras y muy raras en la ZA de Quisqui.

Sin embargo, la clasificación de estas variedades según la cantidad de agricultores que las poseen arrojó resultados que podrían indicar cierta vulnerabilidad y riesgos de pérdida de variabilidad del cultivo de papa, es decir, erosión genética. El 94 por ciento de las variedades de papa fueron catalogadas como raras o muy raras, por encontrarse en el *stock* de 5 o menos agricultores, estando el 73.5 por ciento de estas variedades, solamente en el *stock* de un agricultor. Más del 50 por ciento de estas variedades, raras y muy raras, son manejadas por los señores Fernández (139 variedades), Rosado (119 variedades), Alejo (118 variedades) y R. Chaupis (92 variedades), siendo estos tres últimos de la sub-cuenca del Guellemayo. Estos resultados muestran que más del 50 por ciento variedades raras o muy raras, son manejadas por solo el 30 por ciento de los agricultores. Una situación similar fue reportada por Zimmerer (1988) en Paucartambo, en la región de Cuzco. En donde el 40 por ciento de todas las variedades de papa, representó menos del 10 por ciento de los tubérculos muestreados en campo. Brush (1992) afirma que la pérdida total es altamente probable para este tipo de variedades catalogadas como raras o muy raras. Por el contrario, la situación más conveniente para la conservación de la riqueza de variedades sería que éstas estuvieran presentes más equitativamente entre los agricultores, incrementándose la posibilidad de recuperar la variedad, si es que un agricultor la pierde. Es posible impulsar algunas intervenciones como el establecimiento de bancos comunales de semillas (Vernooy *et al.* 2016) o la recolección de dichas variedades para su conservación de forma *ex situ* en bancos de germoplasma y de esa manera contribuir a amortiguar la erosión genética.

Sin embargo, Sadiki *et al.* (2011) encontraron que, en algunos casos la diversidad genética contenida en unas pocas variedades en algunas comunidades sea similar a la cantidad de diversidad genética contenida en comunidades con muchas variedades. Pudiéndose registrar casos en los que unas pocas variedades comunes pueden ser más variables que otras muchas variedades raras o muy raras en otra comunidad. Esta situación, exigiría profundizar los trabajos en la ZA de Quisqui usando marcadores agromorfológicos, como los de Gómez (2008), Huamán (2008) o del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) (2009), y genéticos para tener una mejor idea de la variabilidad genética contenida en las variedades nombradas por los agricultores.

Tabla 14: Frecuencia de variedades raras y muy raras y el porcentaje que representa del stock de los agricultores de la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017

Agricultor	N° variedades (frecuencia)	Porcentaje (%)
VicFernandez	139	74
JavRosado	119	65
SabAlejo	118	81
ReyChaupis	98	70
JosLama	81	68
FelAntonio	77	64
WalChaupis	63	66
ClyDioni	49	49
PreBorja	42	57
AndSolis	35	42
LorVela	15	20
HilPonce	12	40

Finalmente, es posible anotar que la biodiversidad está positivamente asociada con la estabilidad de las propiedades funcionales de comunidades en diferentes ecosistemas (McNaughton 1994; Tilman *et al.* 1997; Reush *et al.* 2005 ; Bellon *et al.* 2017). La variabilidad genética entre y dentro de las especies confieren al menos, el potencial para resistir condiciones de estrés al corto y largo plazo (Giller *et al.* 1997). Por lo tanto, como plantean Di Falco y Perrings (2005), se espera que la promoción de la diversidad en la agricultura incremente la resiliencia y sostenibilidad de los agroecosistemas.

En el caso de la ZA de Quisqui, el alto número de variedades de papa y los altos índices de Simpson y Shannon nos hablan de un sistema con mayor estabilidad y resiliencia, y por lo tanto sostenible en el tiempo. Sin embargo, se constata al menos una amenaza: la gran porción de la riqueza que se considere rara o muy rara. De tal forma que, si algún agricultor decidiera abandonar esta actividad, existiría una alta probabilidad de que muchas variedades se perdieran, siendo esta situación un ejemplo de cómo opera la erosión genética causada como resultado de la erosión cultural (Figueroa 2006; Torres *et al.* 2016). De esta manera se hace importante identificar estas variedades y diseñar políticas *ad hoc* para ellas.

De lo dicho anteriormente, se concluye que en zonas donde se alberga una alta diversidad de algún cultivo se haga necesario evaluar tanto la riqueza varietal, como la equidad y la cantidad de agricultores que manejan dichas variedades. De esta manera se logrará tener una visión integral del estado de la conservación del cultivo y se podrán tomar las mejores decisiones para la conservación de los recursos genéticos en un determinado lugar.

Por otro lado, de lo mencionado anteriormente, también se concluye que no es suficiente con estudiar la composición de las variedades de papa para evaluar su capacidad de sostenibilidad en el tiempo. Es también necesario indagar acerca de los factores y motivos por la que las variedades son seleccionadas, manejadas y conservadas. En el presente trabajo se examinaron factores ecológicos, culturales y socioeconómicos, a través del cálculo de diferentes índices desarrollados por Velásquez (2009) y se evaluó su influencia sobre el manejo y conservación de la diversidad del cultivo de papa en la ZA de Quisqui.

4.2. FACTORES ASOCIADOS A LA DIVERSIDAD

Se calcularon los índices derivados de la información ambiental, socioeconómica y cultural, propuestos por Velásquez (2009). Un resumen general de los resultados se muestra en el Tabla 15.

En general, los pobladores de la ZA de Quisqui están bastante identificados con la cultura tradicional andina y local, presentando un alto arraigo por su territorio. En cuanto al manejo del cultivo de la papa, estos distribuyen sus parcelas en diferentes pisos altitudinales, con una preferencia por las zonas altas. Las prácticas relacionadas con el manejo tradicional, como el tipo de labranza, la independencia de insumos modernos, la ayuda mutua, se mantienen en Huayllacayán, aunque han ido disminuyendo en la zona de Monte Azul, exceptuando a los señores Rosado y Alejo. Por otro lado, el destino de la producción agrícola y de la actividad pecuaria es predominantemente la comercialización. Las unidades familiares suelen reducirse a la familia nuclear y la cantidad de hijos viviendo en casa disminuye con la edad del jefe de familia, por lo que la fuerza laboral es baja en 7 de las familias encuestadas.

Tabla 15: Índices asociados a factores ambientales, socioeconómicos y culturales en la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017

Agricultor	NPAR	IDIPAR	IMAT	IIDCU	IArr	IAs	IFL	ITF
<i>SC Guellemayo</i>								
S_Alejo	4	0.61	0.57	0.76	0.79	0.64	1	1
W_Chaupis	4	0.64	0.41	0.6	0.3	0.23	0.18	0.36
R_Chaupis	3	0.71	0.32	0.71	0.61	0.39	0.73	0.82
C_Dionisio	3	0.92	0.38	0.67	0.83	0.32	0.18	0.45
J_Lama	2	0.91	0.3	0.7	0.89	0.64	0.27	0.45
J_Rosado	8	0.76	0.61	0.68	0.75	0.27	0.36	0.45
<i>SC Rangracancho</i>								
F_Antonio	3	0.98	0.53	0.8	0.37	0.59	0.36	0.64
P_Borja	4	0.94	0.62	0.63	0.29	0.24	0.27	0.36
V_Fernandez	5	0.76	0.76	0.73	0.64	0.43	0.73	0.73
H_Ponce	5	0.98	0.32	0.61	0.63	0.56	0.73	0.82
A_Solis	7	0.87	0.65	0.76	0.55	0.46	0.27	0.27
L_Vela	3	0.71	0.48	0.61	0.64	0.38	0.91	1

Nota: NPAR: Número de parcelas, IDIPAR: Índice de parcelas, IMAT: Índice de manejo agrícola tradicional, IIDCU: Índice de identidad cultural, IAArr: Índice de arraigo, IAs: Índice de autosubsistencia, IFL: Índice de fuerza laboral, ITF: Índice de tamaño familiar

Lo mencionado anteriormente, contrasta con lo encontrado por Velásquez (2009), quien registró que los agricultores conservacionistas del distrito de Quisqui presentaron alto manejo agrícola tradicional, caracterizado por una labranza tradicional, usando la chaquitaklla y la ayuda mutua. Así también, una fuerza laboral alta, proveniente de familias numerosas. El índice de identidad cultural, el arraigo por el territorio y la autosubsistencia presentaron valores medios, siendo los dos primeros menores a lo encontrado en la presente investigación, mientras que el último fue mayor a lo encontrado para la campaña 2016-2017.

Adicionalmente, se registraron los motivos de conservación y siembra de las 10 variedades favoritas de cada agricultor. El principal motivo por el que los agricultores prefieren conservar una variedad fue el culinario (58 por ciento), otros motivos importantes fueron la resistencia a plagas y enfermedades (13 por ciento) y por su apariencia externa (7 por ciento). La totalidad de motivos reportados se presenta en el Tabla 16.

Esto concuerda con lo descrito por Velásquez (2009), en el que el alimenticio, también fue el principal motivo descrito para conservar variedades de papa por los agricultores de Huánuco y Cajamarca (Sierra Central y Norte del Perú). Por otro lado, con una aproximación diferente, basada en análisis multivariados, Skarbo (2014) concluyó que la diversidad de maíz y frejol en Cotacachi (Ecuador) también se conserva por una razón culinaria. Sorpresivamente, este patrón no se observó para la diversidad de papa en esa región ecuatoriana. Probablemente, porque su cultivo está basado en variedades mejoradas, menos consumidas por la cultura tradicional del lugar.

Tabla 16: Porcentaje de los motivos de conservación de las variedades preferidas por los agricultores de la ZA de Quisqui

Motivo de conservación	Porcentaje (%)
Antioxidantes	5
Apariencia	7
Comercialización	6
Culinario	58
Intercambio	1
Licor	2
Medicinal	1
Productividad	1
Resistencia	13
Satisfacción personal	1
Tolerancia estrés abiótico	5

Nota: El motivo más recurrente para la conservación de variedades preferidas de los agricultores es el culinario

4.2.1 Factores ambientales

Los agricultores desplegaron su actividad agrícola en áreas que variaron de los 3100 a los 4000 msnm (Tabla 17) con una preferencia por las zonas más altas, siendo la señora Borja, en la zona de Rodeo de Margos en la sub-cuenca del Rangracancha, la que manejó el predio con mayor altitud (3970 msnm).

El valor más alto (0.98) del Índice de Distribución de Parcelas (IDIPAR) se registró en la sub-cuenca del Rangracancha, en donde el señor Antonio y la señora Ponce ubicaron la totalidad de sus parcelas en la zona alta. En contraste, el valor más bajo (0.61) lo registró el señor Alejo en la Comunidad Campesina de Monte Azul, en la sub-cuenca del Guellemayo.

Tabla 17: Distribución altitudinal de parcelas de variedades de papa en la ZA de Quisqui (Campaña 2016-2017)

Zona Altitudinal	Rango (msnm)	# Parcelas	
		Guellemayo	Rangracancha
Zona Baja	3100 - 3400	15	4
Zona Media	3400 - 3700	8	10
Zona Alta	3700 - 4000	17	32

La superficie total (ha) que dispone cada agricultor es sumamente variable, yendo desde las 2 ha (señor Lama en Monte Azul) hasta las 25 ha (señora Borja en Rodeo de Margos). Cabe mencionar que la proporción de superficie cultivada es bastante baja en comparación del área total disponible de los agricultores (Figura 10). Es más contrastante aun cuando se le compara con la superficie destinada a las variedades nativas de papa, la cual no excedió de las 2 ha (señor Fernández).

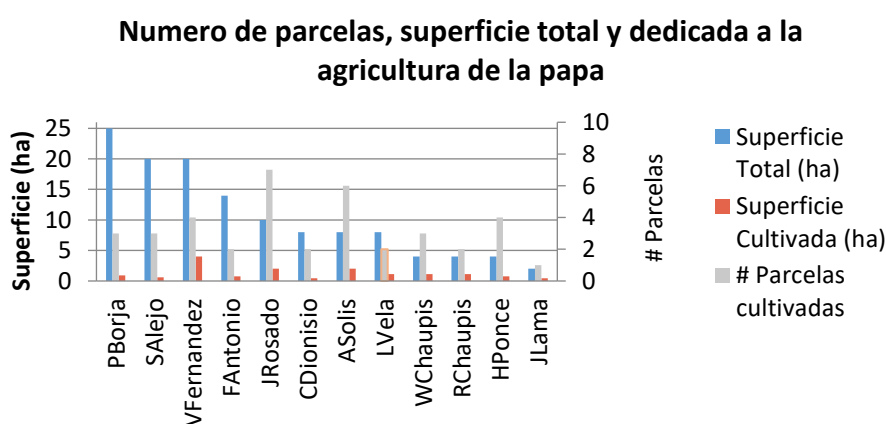


Figura 10. Número de parcelas, superficie total y dedicada a la agricultura de papas nativas

A nivel de subcuenca, los agricultores de Rangracancha poseen y siembran en general mayores extensiones de tierra. Teniendo en promedio una superficie total de 13.2 ha, un número total de parcelas de 7.7; y una superficie cultivada de 1.6 ha.

No se encontró una relación entre el IDIPAR, el número de parcelas o la superficie cultivada de papa y la riqueza de variedades. Esto indicaría que el gran número de variedades de papa encontrada en esta Zona de Agrobiodiversidad no se explican por la distribución altitudinal de las parcelas, ni por el número o la extensión de estas. Sin embargo, la superficie cultivada de papa presentó una relación positiva significativa con ambos índices de diversidad (Simpson: $p = 0.05$, Shannon: $p = 0.03$). Esto principalmente, por el tipo de siembra, conocida como *huachuy*, en el que todas las variedades se siembran en mezcla en el mismo predio.

Por otro lado, se preguntó por las plagas, enfermedades y eventos climáticos extremos, que los agricultores son capaces de reconocer. En general, se reconoce la presencia de gorgojo de los andes (*Premnotrypes* spp.), de polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*) y pulguilla (*Epitrix* sp.). En cuanto a enfermedades, todos los agricultores reportaron la presencia de racha (*Phytophthora infestans*) y pudrición. En cuanto a los eventos climáticos, en la gran mayoría de casos se reportó heladas y sequía. Junto con esto, también fenómeno del niño, lluvias excesivas en años anteriores y granizadas. La cantidad de plagas, enfermedades y eventos que reconocen los agricultores se presentan en el Tabla 18.

Tabla 18: Cantidad de plagas, enfermedades y eventos climáticos extremos conocidos por los agricultores de la ZA de Quisqui

Agricultor	Plagas	Enfermedades	Clima Extremo
<i>SC Guellemayo</i>			
S_Alejo	1	1	2
W_Chaupis	1	2	5
R_Chaupis	1	1	2
C_Dionisio	2	2	3
J_Lama	1	1	3
J_Rosado	1	1	2
<i>SC Rangracancha</i>			
F_Antonio	3	1	2
P_Borja	1	1	2
V_Fernandez	3	2	3
H_Ponce	3	1	4
A_Solis	2	2	2
L_Vela	2	1	2

4.2.2 Factores culturales y tecnológicos

Todos los agricultores participantes en el estudio pertenecen a la cultura andina quechua y se identifican fuertemente con los rasgos de esta cultura. La totalidad de agricultores hablan el idioma quechua, aunque son bilingües. El 83 por ciento de estos han transmitido la lengua quechua a sus hijos.

Los agricultores se agruparon en 2 niveles de identidad cultural, de acuerdo con la escala utilizada: once de ellos en el nivel fuerte y uno, el señor Antonio, en el nivel muy fuerte (Tabla 19). Este, junto con el señor Alejo y la señora Solís presentaron los valores más altos del índice. A pesar de pertenecer a diferentes generaciones, ambos fueron los que mayor cantidad de tradiciones culturales asociadas a la agricultura conocen (ayuda mutua, pago a la tierra, fiestas agrícolas, lectura de astros, etc.). Por otro lado, la señora Solís empezó su actividad agrícola de manera independiente a una edad más temprana que todos los demás agricultores, demostrando así, su determinación por mantener viva la cultura agrícola tradicional. Todos los agricultores mostraron una alta intención por crear la vocación agrícola en sus hijos, enseñándoles principalmente prácticas tradicionales en lugar de aquellas relacionadas a una agricultura intensiva moderna, y apoyándolos con terrenos para la siembra y entregando semillas. A pesar de esta intención, cabe mencionar que no siempre los hijos han decidido quedarse a practicar la agricultura, la mayoría de ellos, sean hombres o mujeres, llegando a la mayoría de edad, migran a las ciudades, especialmente a Huánuco a buscar otras oportunidades laborales o a cursar estudios superiores.

En cuanto al manejo agrícola tradicional, se observó que se practica más en la subcuenca del Rangracancha, en donde solo uno de los productores presentó un nivel bajo en este índice (Tabla 19).

Los agricultores con características más marcadas de manejo tradicional (los señores Rosado y Fernández y las señoras Solís y Borja) además de tener la mayor extensión de terreno cultivada con variedades nativas de papa (sin incluir a las variedades Amarilla Tumbay y Hualash) (1 a 2 ha), mostraron ser bastante activos en mantener el flujo de semillas a base de mecanismos tradicionales, especialmente el intercambio de variedades.

Tabla 19: Niveles de identidad cultural y manejo tradicional de agricultores en la ZA de Quisqui en la campaña 2016-2017

Agricultor	IIDCU	Nivel de Identidad	IMAT	Nivel de Manejo Tradicional
<i>SC Guellemayo</i>				
S_Alejo	0.76	Fuerte	0.57	Mediano
W_Chaupis	0.60	Fuerte	0.41	Mediano
R_Chaupis	0.71	Fuerte	0.32	Bajo
C_Dionisio	0.67	Fuerte	0.38	Bajo
J_Lama	0.70	Fuerte	0.3	Bajo
J_Rosado	0.68	Fuerte	0.61	Fuerte
<i>SC Rangracancho</i>				
F_Antonio	0.80	Muy fuerte	0.53	Mediano
P_Borja	0.63	Fuerte	0.62	Fuerte
V_Fernandez	0.73	Fuerte	0.76	Fuerte
H_Ponce	0.61	Fuerte	0.32	Bajo
A_Solis	0.76	Fuerte	0.65	Fuerte
L_Vela	0.61	Fuerte	0.48	Mediano

El grupo de nivel intermedio o "mediano" es heterogéneo. Los señores W. Chaupis, Alejo, Vela y Antonio presentaron un alto número de prácticas andinas tradicionales como la rotación de cultivos, la utilización de insumos propios y el tipo de almacenamiento, además de incluir la ayuda mutua para la realización de sus labores agrícolas.

Finalmente, en el grupo de nivel bajo, se observan las superficies más pequeñas para el cultivo de papa, pero principalmente, existe un muy bajo esfuerzo por trasladarse en busca de semillas de nuevas variedades.

Es pertinente mencionar que las prácticas asociadas a la agricultura tradicional están fuertemente asociadas al tipo y destino de las papas cultivadas. Los campos en los que predominan variedades nativas sembradas para el autoconsumo son en los que se utilizan prácticas tradicionales, mientras que, en campos con variedades mejoradas destinadas a la comercialización, son prácticamente nulas, predominando el uso de técnicas e insumos relacionados a una agricultura convencional.

Se realizaron regresiones lineales entre la riqueza y los índices de Simpson y Shannon con el IIDCU y el IMAT, sin encontrarse una relación entre estas variables. Esto indica en general que, ya sea que un agricultor se identifique con su propia cultura andina o que realice un manejo del cultivo de papa de forma tradicional o no, no estaría influenciando la riqueza de variedades de papa, ni la diversidad del cultivo manejada por ellos.

En su trabajo, Velásquez (2009) encontró que, para las campañas 2002-2003, 2003-2004 y 2004-2005, la correlación entre la riqueza varietal y el IIDCU fue positiva, considerando tanto agricultores de Huánuco, como de la provincia de San Marcos en Cajamarca. Mientras que, el IMAT correlacionó significativamente con la riqueza, para todas las campañas del 2001 al 2005. Sin embargo, considerando solo a los agricultores de Huánuco, Velásquez (2009) no encontró una correlación con el IIDCU.

4.2.3 Factores socioeconómicos

- El arraigo y la autosubsistencia

En ambas subcuencas, el 50 por ciento de agricultores son foráneos; a pesar de esto, en el Guellemayo, se encuentra un alto nivel de arraigo por el territorio. En esta subcuenca, a pesar de ser los más jóvenes (< 25 años), los señores Lama y Dionisio, presentaron el mayor nivel de arraigo de entre todos los productores. Esto se debe principalmente a su voluntad expresa de permanencia en su lugar de origen y a la nula necesidad o deseo de migrar para poder subsistir. Los señores Alejo y Rosado, presentaron un nivel fuerte de arraigo con su territorio. Al igual que los agricultores de la categoría muy fuerte, su voluntad de permanencia es muy alta, aunque hay temporadas en las que se han visto en la necesidad de migrar, es decir dejar su territorio y su actividad agrícola, para poder encontrar recursos para subsistir. Aunque cabe resaltar que son los que presentan más vínculos socio-territoriales, (lazos de tipo familiares, históricos, económicos, etc.) por los que se sienten unidos a la comunidad).

En cuanto a los mencionados vínculos, en el Guellemayo el 66 por ciento de los agricultores mencionaron que la principal razón para vivir en sus comunidades es el apego por su tierra, por las bondades ecológicas que favorecen una vida saludable y en donde pueden producir la diversidad de sus cultivos. De forma contrastante, en la subcuenca del Rangracancha la principal razón para vivir fue la económica, es decir se reconoce al territorio principalmente

como una fuente de sustento e ingresos. Esto podría explicar los niveles más bajos de arraigo encontrados en esta subcuenca (0.52 en promedio), en donde el 50 por ciento de los agricultores presentaron niveles bajos o medianos de arraigo. Estos se caracterizan por una baja voluntad de permanencia en el lugar y los casi nulos vínculos socio-territoriales que tienen. Si bien no todos migran regularmente, ven con buenos ojos la oportunidad de hacerlo permanentemente. El señor W. Chaupis y el señor Antonio manifestaron la posibilidad de migrar a la selva, a seguir dedicándose a la agricultura, pero sembrando cultivos de mayor rentabilidad. Por otro lado, la señora Borja, madre de 2 niñas en edad escolar, manifestó su deseo de migrar a la ciudad de Huánuco, en donde se dedicaría a labores domésticas para que sus hijas puedan continuar con sus estudios.

Por otro lado, de acuerdo con el Índice de Autosubsistencia (IAs), existen diferencias entre los agricultores en este aspecto y, por lo tanto, en el destino de su producción agrícola y pecuaria (Tabla 20). En promedio, en ambas cuencas existe un nivel medio de producción con fines de autosubsistencia (Guellemayo = 0.41 y Rangracancha = 0.44). Los dos productores con el índice más alto son los señores Alejo y su sobrino, el señor Lama. Es contrastante la edad de ambos, siendo el señor Alejo el mayor de todos los agricultores, mientras que el señor Lama, el menor. Los dos son de los pocos que no reciben ayuda monetaria de algún tipo de programa social, como sí lo hacen la mayoría de los productores, especialmente del programa JUNTOS o BECA 18. En el caso del señor Lama, él es un joven de 25 años que se ha independizado hace poco, por lo que cuenta con poco territorio y está recién insertándose en la cadena productiva, buscando una forma de poder comercializar su aún escasa producción de papa.

Los 4 agricultores de nivel medio se ubicaron en la subcuenca del Rangracancha. Básicamente, estos reparten su producción de forma equitativa entre el autoconsumo y la comercialización. Aunque es importante mencionar el caso del señor Fernández, un conocido conservacionista y desde hace unos años un importante dirigente y representante nacional de gremios de productores de papa nativa. Mientras que, para la mayoría de los agricultores, el área de variedades nativas es reducida y dedican el 90 por ciento de esta producción para el autoconsumo, el señor Fernández ha identificado algunas promisorias, que llaman la atención por su color y sabor en los mercados ecológicos o bioferias de la ciudad de Lima. En consecuencia, posee una mayor área sembrada de variedades nativas y destina mayor volumen de estas a la comercialización. Así, el área dedicada a cultivares

modernos como Canchán o Yungay no necesitaría ser incrementado, con el objetivo de aumentar su disponibilidad de dinero en efectivo.

Tabla 20: Niveles de arraigo y autosubsistencia de los productores de la ZA de Quisqui

Agricultor	IArr	Nivel de Arraigo	IAs	Nivel de Autosubsistencia
<i>SC Guellemayo</i>				
S_Alejo	0.79	Fuerte	0.64	Fuerte
W_Chaupis	0.30	Bajo	0.23	Bajo
R_Chaupis	0.61	Fuerte	0.39	Bajo
C_Dionisio	0.83	Muy Fuerte	0.32	Bajo
J_Lama	0.89	Muy Fuerte	0.64	Fuerte
J_Rosado	0.75	Fuerte	0.27	Bajo
<i>SC Rangracancho</i>				
F_Antonio	0.37	Bajo	0.59	Mediano
P_Borja	0.29	Bajo	0.24	Bajo
V_Fernandez	0.64	Fuerte	0.43	Mediano
H_Ponce	0.63	Fuerte	0.56	Mediano
A_Solis	0.55	Mediano	0.46	Mediano
L_Vela	0.64	Fuerte	0.38	Bajo

En el nivel bajo de autosubsistencia existe una alta diversidad de realidades y, por lo tanto, numerosos motivos para pertenecer a esta categoría. Principalmente se encuentran aquellos que reciben ingresos por programas sociales o los que han diversificado sus actividades y reciben ingresos por otros trabajos temporales como el transporte, la venta de abarrotes en bodegas y la mano de obra agrícola.

De esta manera, teniendo el 80 por ciento de agricultores de la ZA de Quisqui en niveles medios y bajos de autosubsistencia (promedio = 0.43), cabe pensar en una posible alimentación basada en productos externos, los cuales serían comprados en la ciudad de Huánuco. De esta manera, aunque no es su objetivo en este estudio, el Índice de Autosubsistencia, se puede convertir en una vía de entrada para indagar sobre la seguridad y la soberanía alimentaria en la ZA de Quisqui.

Se realizaron regresiones lineales entre la riqueza y los índices de diversidad con el Índice de Arraigo y el Índice de Autosubsistencia. No se encontró relación significativa entre la riqueza de variedades y el nivel de arraigo (IArr) y el nivel de autosubsistencia (IAs). Por otro lado, se encontró una relación negativa entre la diversidad medida con el índice de Simpson y el nivel de arraigo (IArr) ($p < 0.05$, $R^2 = 0.37$). Como ya se mencionó anteriormente, la diversidad incluye no solo a la riqueza de variedades, sino también la proporción de estas en una muestra, es decir, la equidad, que es una medida de la uniformidad de la abundancia de las variedades de papa en el lugar. Esta diversidad es mayor en la subcuenca del Rangracancha, en donde los niveles de arraigo son bajos. No obstante, cabe resaltar que más que una relación de causalidad, la relación entre el arraigo y la diversidad es descriptivo, y debe de llamar la atención pues los agricultores que manejan una mayor diversidad son los que tendrían la mayor disposición a dejar Quisqui, si lo ven necesario.

La falta de relación entre el IArr y la riqueza coincide con lo encontrado por Velásquez (2009) para agricultores en los departamentos de Cajamarca y Huánuco. Sin embargo, en lo referente al IAs, esta autora sí encontró relación entre el arraigo y la riqueza de variedades.

- El tamaño y fuerza laboral familiar

Los tipos de familia, de acuerdo con el Índice de Tamaño de Familia (ITF), se muestran en el Tabla 20. Hay que señalar que en algunas de las familias la mayoría de los hijos son ya independientes; estas son las familias de los agricultores de la generación más antigua: los señores Alejo y R. Chaupis en el Guellemayo y Vela y Fernández en el Rangracancha. Adicionalmente, los tres primeros tienen una familia muy numerosa. En el extremo opuesto tenemos a las familias cuyos hijos son en su totalidad dependientes, incluso en edad preescolar; estas familias que constituyen la generación más joven las encontramos en la comunidad de Monte Azul, conformadas por el señor Lama, Dionisio y W. Chaupis, cuyas familias también tienden a ser menos numerosas en comparación con las de la generación más antigua. Cabe resaltar que el 74 por ciento de las familias encuestadas, son familias únicamente nucleares, y en donde se encontraron familias extensas, no fue más de un miembro adicional.

De acuerdo con el Índice de Fuerza Laboral Familiar (IFL), dos agricultores presentaron niveles muy altos y 3, niveles altos de fuerza laboral familiar. De la misma manera, cinco

agricultores se distribuyeron en los niveles bajo y muy bajo en cuanto a esta variable (Tabla 21).

Las regresiones lineales de estas variables sociales no mostraron relación alguna con la riqueza o la diversidad medida con los índices de Simpson o Shannon. Es decir, independientemente del tamaño familiar y del trabajo que puedan aportar sus miembros a la actividad agrícola, la diversidad del cultivo de papas no cambiará.

Tabla 21: Tipo de familia y nivel de fuerza laboral de los productores de la ZA de Quisqui

Agricultor	ITF	Tipo de familia	IFL	Nivel de Fuerza Laboral
<i>SC Guellemayo</i>				
S_Alejo	1	Muy numerosa	1	Muy alto
W_Chaupis	0.36	Mediana	0.18	Muy bajo
R_Chaupis	0.82	Muy numerosa	0.73	Alto
C_Dionisio	0.45	Mediana	0.18	Muy bajo
J_Lama	0.45	Mediana	0.27	Bajo
J_Rosado	0.45	Mediana	0.36	Bajo
<i>SC Rangracancho</i>				
F_Antonio	0.64	Numerosa	0.36	Bajo
P_Borja	0.36	Mediana	0.27	Bajo
V_Fernandez	0.73	Numerosa	0.73	Alto
H_Ponce	0.82	Muy numerosa	0.73	Alto
A_Solis	0.27	Pequeña	0.27	Bajo
L_Vela	1	Muy numerosa	0.91	Muy alto

En las campañas 2001-2005, reportadas por Velásquez (2009), tampoco se encontró relación entre el tipo de familia o su fuerza laboral y la riqueza del cultivo de papa para el distrito de Quisqui.

Aun así, la fuerza laboral familiar, parece cobrar importancia en la ZA de Quisqui, sobre todo por la disminución de la ayuda mutua para las labores agrícolas. Aunque cabe mencionar, que las "faenas" comunitarias siguen siendo una práctica regular y obligatoria. En estas, los varones se reúnen para trabajar en el mantenimiento de alguna estructura comunal, como la limpieza de acequias, mantenimiento de los caminos, apertura de trochas, etc. Por otro lado, empiezan a surgir asociaciones de agricultores, tanto a nivel regional,

como nacional, que están permitiendo la integración de los productores en redes que se extienden más allá de su distrito. Casos como APPAPA (Asociación Nacional de Productores de Papa y sus Derivados del Perú), AGUAPAN (Asociación de Guardianes de Papa Nativa del Centro de Perú) y Agroferias Campesinas, en las que participa el señor Fernández, estarían ofreciendo una nueva forma de tejido social que se hace necesario investigar, especialmente el cómo estas pueden aportar en la conservación de la diversidad de papa en la ZA de Quisqui y en el país en general.

En conclusión, el capital social, entendido como la confianza, redes e instituciones que permiten a las personas actuar colectivamente (Godoy 2005), parece estar deteriorándose en la ZA de Quisqui, comparado con lo descrito por Velásquez (2009). Pero nuevas instituciones campesinas de carácter interregional, principalmente enfocadas en la comercialización y conservación de la diversidad, y ONGs, están emergiendo. Estas son opción para, integrándose a ellas, crear nuevo tejido social que refuerce la sostenibilidad del socio-ecosistema de la ZA de Quisqui.

4.2.4 Análisis multivariado de los factores

Se utilizó la metodología Random Forest para hacer una regresión multivariada de los factores ambientales, culturales y socioeconómicos con la riqueza y los índices de diversidad.

Los modelos resultantes de esta regresión, para los casos de la riqueza y del índice de Shannon, explicaron menos del 1 por ciento de la varianza de la variable de respuesta. Para el caso del índice de Simpson, el modelo explica el 10.05 por ciento de la varianza de la variable de respuesta. Este modelo propone como las variables más importantes que explican la diversidad del cultivo de papa, al Índice de Arraigo, la superficie de tierra cultivada con papa, el Índice de Manejo Agrícola Tradicional y la edad del jefe de familia (Figura 11).

En la Figura 12 se presenta el comportamiento de la diversidad del cultivo de papa según las 3 variables más importantes. En esta figura se puede observar que mientras menor sea el arraigo de los agricultores y mayor sea la superficie que destinan al cultivo de papa o más alto sea el nivel del manejo agrícola tradicional, mayor será la diversidad que maneje el agricultor.

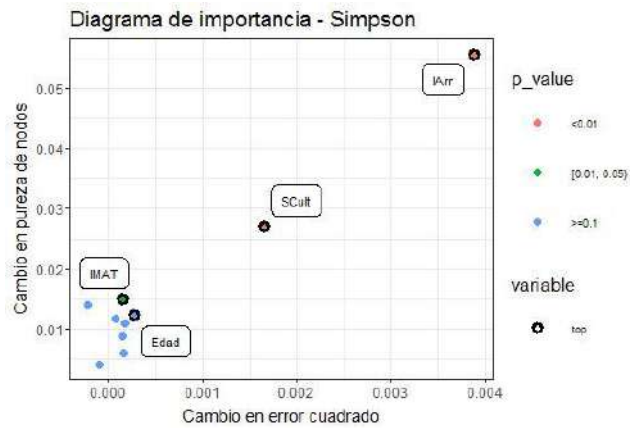


Figura 11. Importancia de los factores ambientales, socioeconómicos y culturales para el Índice de Simpson

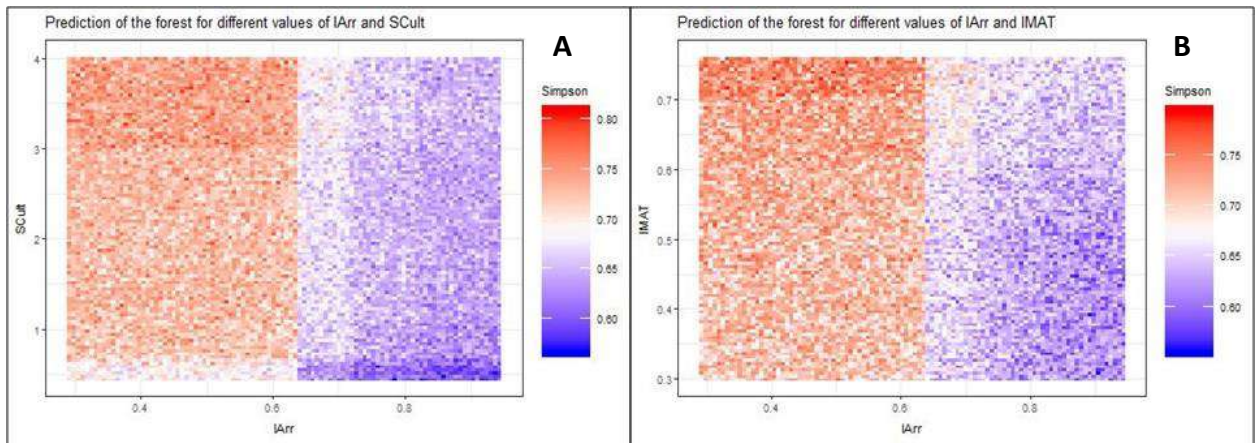


Figura 12. Efecto en el Índice de Simpson por: A) El Índice de Arraigo y la superficie cultivada y B) El Índice de Arraigo y el Índice de Manejo Agrícola Tradicional

Nota: Las zonas rojas corresponden a un mayor índice de Simpson, mientras que la azul, a una menor diversidad manejada por el agricultor. A menor arraigo y mayor superficie cultivada (Fig. 12a) o manejo agrícola tradicional (Fig. 12b) se observa una mayor diversidad del cultivo de papa. Los cálculos fueron hechos con el paquete *randomForestExplainer* de R

Este modelo confirma lo encontrado por las regresiones lineales, pero, además identifica una nueva variable de importancia que, explica la diversidad del cultivo de papa (medida con el índice de Simpson): el IMAT. Así, resulta importante mantener del uso de tecnologías agrícolas tradicionales (años de descanso de la tierra, tipo de siembra y uso de insumos

propios) y del flujo de semillas para conservar e incrementar la cantidad de variedades que se manejan.

Al respecto, se ha observado una tendencia de pérdida progresiva de este manejo tradicional ante la necesidad de intensificar la producción y el debilitamiento del tejido social (reducción de la ayuda mutua). Velásquez (2009) afirma que, de seguir esta tendencia progresiva, el mantenimiento de la diversidad de variedades estaría en riesgo. Pero, a pesar de que muchas de las variables que determinan este índice se han deteriorado, especialmente el almacenamiento tradicional y la ayuda mutua, los niveles de riqueza no han manifestado un descenso para los agricultores evaluados.

Por otro lado, este análisis también muestra la situación actual de los productores de la ZA de Quisqui: los agricultores con fuerte arraigo a su territorio presentan una menor diversidad del cultivo de papa, determinada por los índices de Shannon y Simpson, lo que podría hacerlos vulnerables a procesos de erosión genética, agudizados por el contexto del cambio climático. No se considera factible plantear que mientras menor sea el arraigo, mayor será la diversidad encontrada, pero definitivamente, esta situación debe ser revertida, poniendo una especial atención en este estrato de la población.

4.2.5 Análisis del total de variables

Los índices ambientales, culturales y socioeconómicos calculados anteriormente, buscan ser una síntesis que expresen la realidad de los agricultores de la ZA de Quisqui de manera general. Estos fueron calculados a partir de las variables propuestas por Velásquez (2009). Un listado de las variables completas y sus valores puede encontrarse en el Anexo 1)

Se realizó un análisis de correlaciones entre todas las variables usadas para construir los índices ambientales, culturales y socioeconómicos, con el fin de determinar la existencia de relaciones de estas con la riqueza y los índices de diversidad.

Se encontró una correlación entre la riqueza (Riq) con la edad a la que el padre de familia se hizo agricultor independiente (Edad_ind) y el número de tradiciones agrícolas conocidas, practicadas y transmitidas por el agricultor (N_trad) (Figura 13 y 14). Ambas variables forman parte del Índice de Identidad Cultural (IIDCU).

Por otro lado, la riqueza y ambos índices de diversidad correlacionaron con el esfuerzo de búsqueda de variedades de papa (EsfBusq) (Figura 13), el cual es insumo para el cálculo del Índice de Manejo Agrícola Tradicional.

En la construcción del Índice de Identidad Cultural, se consideró como variables importantes al número de tradiciones agrícolas conocidas, practicadas y transmitidas por el jefe de familia y la edad a la que los jefes de familia empezaron su actividad agrícola independiente. El primero refleja la identificación del agricultor con el universo simbólico de la cultura andina. Mientras que, la edad de independencia agrícola está referida a la fuerza de la determinación del agricultor por mantener viva la cultura agrícola, insertándose en el sistema de tuberosas y optando por dedicar su vida a esta actividad. En estos sentidos, un mayor conocimiento de tradiciones o ritos asociados al agro y el inicio a una edad temprana en la actividad agrícola, constituirían elementos culturales asociados a la riqueza varietal del cultivo de papa.

Por otro lado, es importante mencionar que, de los agricultores encuestados, la totalidad ha enseñado o tiene la disposición de transmitir los conocimientos culturales relacionados con sus prácticas agrícolas. Esto permitiría que la siguiente generación de agricultores de la ZA de Quisqui puedan empezar a una edad temprana su actividad, lo que a su vez favorecería una alta riqueza del cultivo de papa.

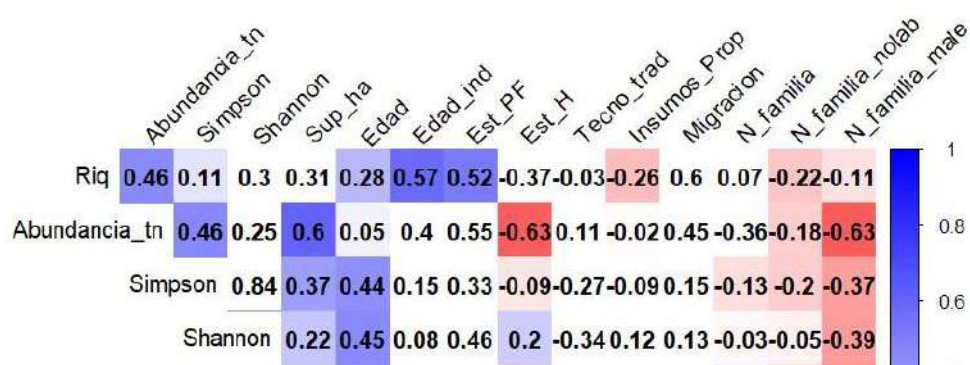


Figura 13. Correlación entre las variables de diversidad y la totalidad de variables ambientales, culturales y socioeconómicos

Nota: Los valores mostrados corresponden al estadístico de Pearson. Cuando se encuentran sombreados, se indica una correlación significativa ($p < 0.05$) entre las variables. Un color

azul más intenso, indicará una fuerte correlación positiva, mientras que uno rojo, una negativa

A pesar de esto, se observa una mayor tendencia de migración por parte de los hijos. Muchos lo hacen por motivos de estudios (especialmente los varones), pero salvo una hija del señor Fernández, no realizan sus estudios en carreras relacionadas con la actividad agropecuaria. Un fenómeno parecido fue reportado por Urcola (2012), quien analizó los patrones de elección de carrera de hijos de productores agropecuarios en la región de Rosario en Argentina, encontrando que solo el 18 por ciento de estos, elige una carrera relacionada con la agricultura. En este estudio no se recogieron datos sobre la valoración de los hijos hacia la diversidad del cultivo de papa o la cultura andina, por lo que no se puede afirmar una visión negativa de estas en las nuevas generaciones. Aunque en el futuro, sería interesante poder evaluar las consecuencias del trabajo como profesionales agropecuarios de los hijos de estos agricultores que conservan una alta diversidad genética de cultivos nativos.

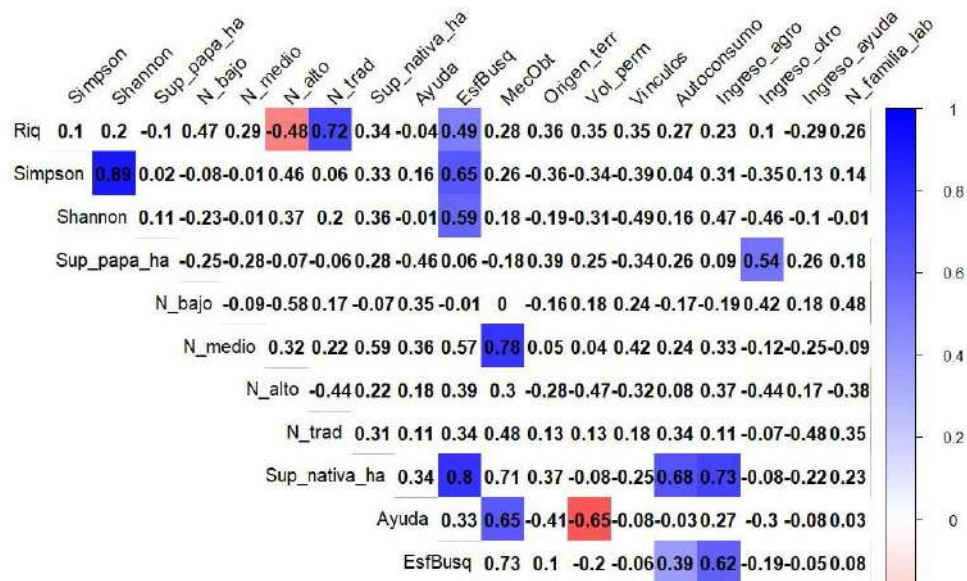


Figura 14. Correlación entre las variables de diversidad y la totalidad de variables ambientales, culturales y socioeconómicas

Nota: Los valores mostrados corresponden al estadístico de Spearman. Cuando se encuentran sombreados, se indica una correlación significativa ($p < 0.05$) entre las variables. Un color azul más intenso, indicará una fuerte correlación positiva, mientras que uno rojo, una negativa

Por otro lado, en la construcción del Índice de Manejo Agrícola Tradicional, se consideró al Esfuerzo de Búsqueda como un indicador de la conservación tradicional del flujo de semilla en los Andes. Se le asignó un peso de 0.125 en el cálculo del IMAT.

Es interesante observar que mientras mayor frecuencia y distancia recorrida (Esfuerzo de Búsqueda) para incorporar nuevas variedades a su *stock* de semillas, mayor será la diversidad que posee un agricultor. Junto con las redes tradicionales que conservan los agricultores, también es importante reconocer los esfuerzos de diferentes asociaciones que han permitido crear redes a través de encuentros de agricultores conservadores en diferentes lugares del Perú. En Huánuco son de importancia la fiesta del Muru Raymi que se celebra el 24 de junio en la capital del distrito de Quisqui: Huancapayac y el Festival de la Papa Amarilla, que se lleva a cabo en la ciudad de Huánuco en el mes de mayo. A nivel nacional es importante la labor de diversos organismos como el Instituto de Desarrollo Medio Ambiental (IDMA), el Centro Andino de Educación y Promoción José María Arguedas (CADEP), la Fundación HoPe Holanda Perú (HoPe), el grupo Yanapai, entre otras. También, encontramos a la Asociación de Guardianes de la Papa Nativa del Centro del Perú, una iniciativa de los mismos agricultores, creada en el año 2014, en donde se promueve el intercambio de semilla entre sus integrantes. Finalmente, a nivel internacional, es importante la red Chirapaq Nan (de Haan *et al.* 2015), coordinada por el Centro Internacional de la Papa, la cual ha permitido crear redes de agricultores conservacionistas de papa en cinco países: Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile.

La correlación de la diversidad del cultivo de papa con el esfuerzo de búsqueda coincide con lo reportado por Subedi (2003) para el cultivo de arroz en el distrito de Bara en Nepal, por Badstue *et al.* (2007) para el maíz en México y por Thomas *et al.* (2011) para otros 4 cultivos, en donde, en general, la existencia de redes de semillas y el esfuerzo de búsqueda de nuevas variedades influyeron en una mayor diversidad del cultivo.

4.3. PATRONES DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD DEL CULTIVO DE PAPA

El análisis de agrupamiento claramente separó en 4 grupos a los productores, de acuerdo con las variables de diversidad y los índices ambientales, socioeconómicos y culturales-

tecnológicos (Figura 15). A pesar de que el estudio se llevó a cabo en 2 subcuencas, el agrupamiento no indica una segregación de los agricultores según su origen.

Un primer grupo claramente diferenciado está formado por los señores Rosado y Fernández (Figura 16a), poseedores de la mayor riqueza de variedades nativas, además de una fuerte identidad cultural andina y un fuerte manejo tradicional del cultivo de papa, siendo la disposición a un mayor esfuerzo de búsqueda, uno de los factores de más peso en la distinción con otros grupos. A este grupo se le dio el nombre de "conservacionistas innovadores".

Así también, se observan otros 3 grupos formados por tres agricultores, cada uno. El primero de ellos conformados por los señores Alejo, Antonio y R. Chaupis (Figura 16b). El segundo, por los señores Lama, Dionisio y W. Chaupis (Figura 16c), mientras que el último, por el señor Vela y las señoras Borja y Solís (Figura 16d).

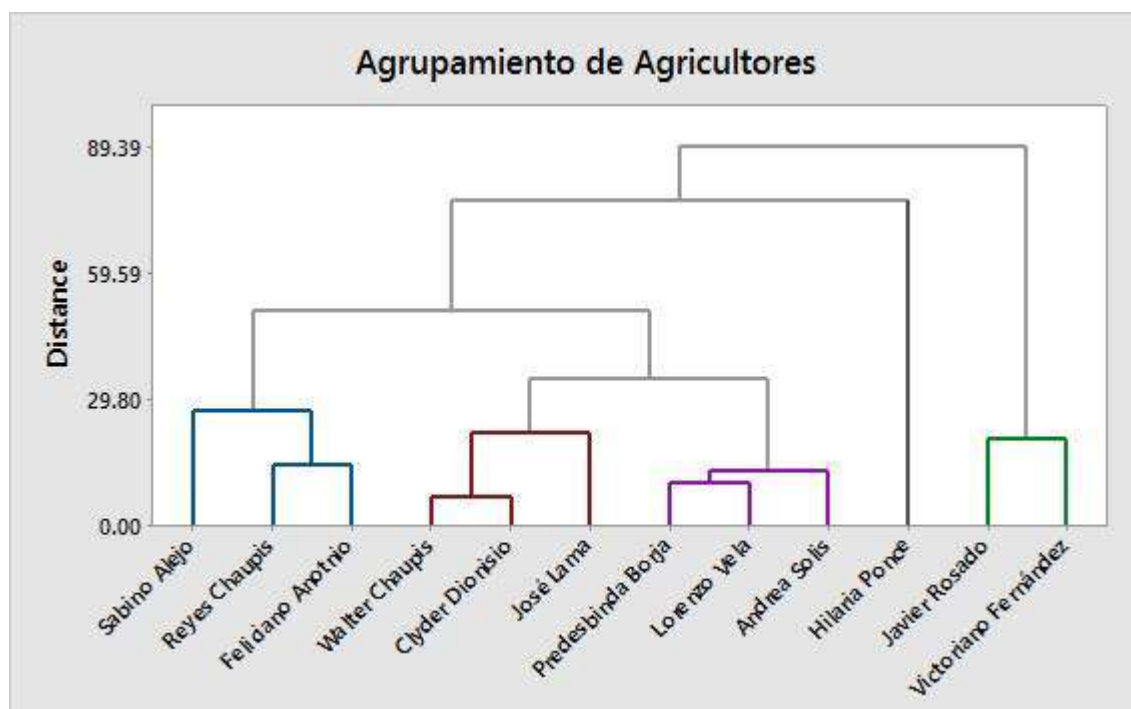


Figura 15. Dendrograma del análisis de agrupamiento de los agricultores de la ZA de Quisqui

De estos, al primer grupo se le catalogó como "conservacionistas tradicionales". En este, se agrupan los agricultores con mayor edad, en conjunto tienen el segundo mayor valor en manejo de riqueza y diversidad. Se diferenciaron esencialmente por un tamaño y fuerza laboral familiar alto, a la vez que su producción está más destinada hacia el autoconsumo

que a la comercialización. Al parecer esto estaría influenciando a la búsqueda por nuevas formas de ingreso, como son las tiendas de abarrotes, y el servicio de transporte.

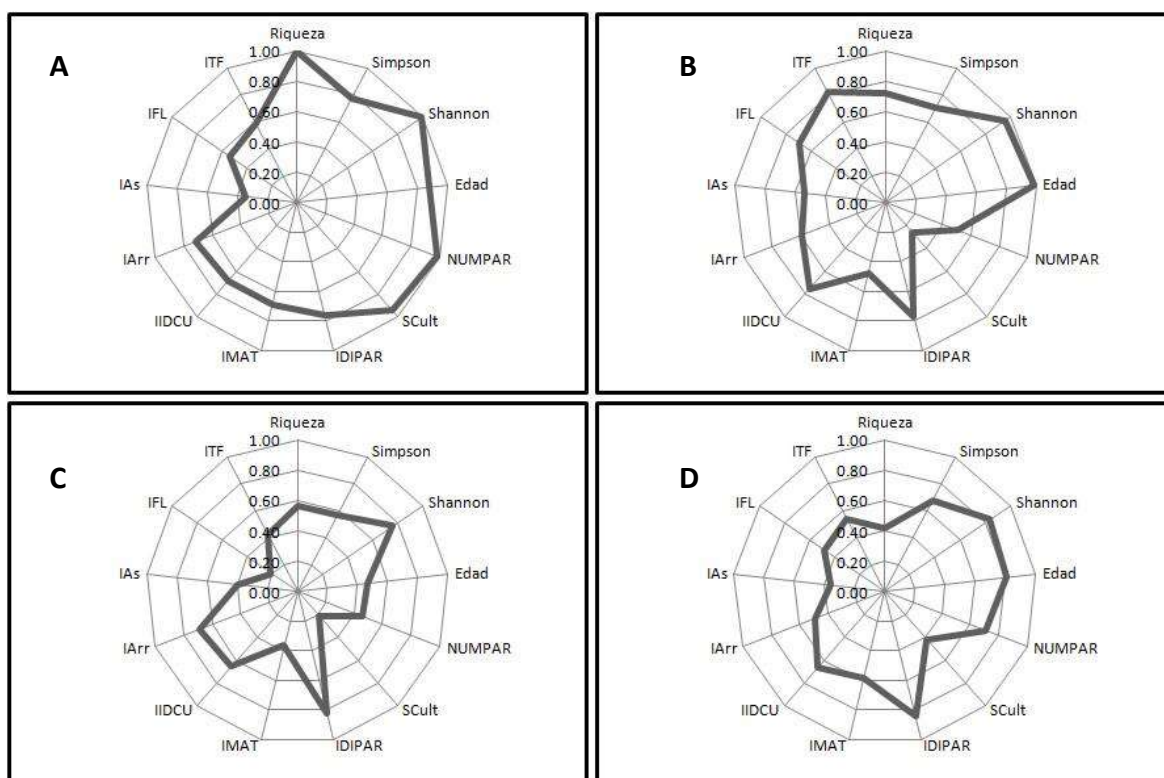


Figura 16. Características de los grupos de agricultores de la ZA de Quisqui. A) Conservadores innovadores. B) Conservadores tradicionales. C) Conservadores iniciantes. D) Conservadores en posible riesgo

El segundo grupo está conformado por los productores más jóvenes con quienes se trabajó. Poseen los más bajos niveles de diversidad del cultivo de papa, pero altos niveles de arraigo, además sus familias son pequeñas y sus hijos totalmente dependientes de sus padres. A este grupo se les denominó "conservacionistas iniciantes". El arraigo territorial fue la principal variable identificada para separar a este grupo de los demás. Al parecer, aquellos jóvenes que decidieron no migrar en busca de estudios o trabajo, o no tuvieron la oportunidad de hacerlo, logran establecer un fuerte arraigo con su territorio, a la vez que mantienen una fuerte identidad cultural andina, enseñada por las generaciones más antiguas. Estas personas deben de ser particularmente escuchadas, pues en sus manos podría estar el futuro de la conservación de la alta agrobiodiversidad andina.

El último grupo es el más diverso, en estos se encuentra una alta variabilidad, tanto en la diversidad, como en los factores que la explicarían. A estos, se les dio el nombre de "conservacionistas en posible riesgo", pues en general, poseen bajos niveles de arraigo por su territorio y manejan la menor cantidad de variedades de papa.

Esta investigación buscó generar nueva información sobre el estado de la diversidad del cultivo de papa en una zona que ha sido reportada como poseedora de alta diversidad (Cruz 2001; Velásquez 2009; IDMA 2016) y en donde fue creada una Zona de Agrobiodiversidad hace unos pocos años. La metodología se basó en el nombre campesino como *proxy* de la diversidad genética, de la misma manera que los autores mencionados. Al respecto, de Haan *et al.* (2007) encontraron una correlación moderada entre ambas variables para el cultivo de papa en el departamento de Huancavelica. Después de un proceso que buscó reducir las posibles homonimias y sinonimias, se llegó a una lista que estaría representando la riqueza genética de la Zona de Agrobiodiversidad. Las ventajas y desventajas de esta aproximación han sido discutidas, entre otros, por Negri *et al.* (2009) y Brown y Hodgkin (2015). En su favor podemos decir que, trabajar basándonos en los nombres campesinos, permite indagar en las prácticas y motivos de selección artificial (calidad culinaria, tolerancia a estrés abiótico o biótico, etc.), a la vez que es un método de evaluación rápido de poblaciones diversas bastante distribuidas, permitiendo la verificación a grandes rasgos de hipótesis sobre la distribución de la diversidad. Definitivamente, se considera necesaria una evaluación de la diversidad a nivel molecular que permita confirmar la alta diversidad genética que se desprende de la alta riqueza de nombres encontrados. Adicionalmente, aproximaciones como la de Bonneuil *et al.* (2012) son altamente recomendables, pues integran la información de la riqueza, la diversidad genética entre variedades y la abundancia relativa de cada variedad.

Justamente, un segundo aspecto del presente trabajo fue incluir la información de abundancia relativa de cada *stock* como recomendó Velásquez (2009). Los resultados indican que no siempre los *stocks* más ricos, son los más diversos, a excepción del manejado por el señor Fernández. Es así como esta alta riqueza podría estar en riesgo de perderse, especialmente frente a los ya mencionados cambios sociales (migración, pérdida de arraigo, deterioro del tejido social) y los inciertos escenarios del cambio climático hacia el futuro. En este sentido, trabajos de modelación de nicho como los de Arias *et al.* (2019) y Mallma (2019), que integran la información de los escenarios del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos

sobre el Cambio Climático) con la ecofisiología y distribución del cultivo de papa, se hacen muy necesarios. Por otro lado, *stocks* no tan ricos, estarían más equitativamente distribuidos, siendo más resilientes ante eventos de erosión genética (Velásquez *et al.* 2016). En el futuro, esta información debe ser integrada a los esfuerzos de conservación de los diferentes grupos del sector público y privado.

Así mismo, esta investigación basó la evaluación de aspectos de manejo y conservación de la diversidad del cultivo de papa, así como la exploración de factores ambientales, culturales y socioeconómicos, en el trabajo que realizó Velásquez (2009). En aquel, se validaron los índices para cultivos de tuberosas andinas nativas manejadas por agricultores denominados conservacionistas. En el presente, se extendió la propuesta, buscando cubrir también a agricultores con baja y media riqueza varietal, además que se incluyeron todas las variedades cultivadas de papa (i.e. mejoradas y nativas o tradicionales). Es así como, se hicieron las necesarias adaptaciones a la encuesta y a los índices ambientales, culturales y socioeconómicos. Esto, en parte, podría explicar los resultados contrastantes en lo que se refiere a la correlación entre estos factores y la riqueza varietal al final de la campaña 2016-2017, en comparación con las campañas 2001-2005. En general, lo que se estima es que después de 13 años, el sistema del cultivo de papa en el distrito de Quisqui ha sufrido cambios, especialmente en lo relacionado a lo cultural y socioeconómico (arraigo y autosubsistencia) y que estos factores, han perdido influencia en la conservación de la diversidad del cultivo de papa.

Los resultados presentados corresponden a un solo año de diagnóstico en campo, caracterizado por sequía al inicio de la campaña, y con un alto precio en el mercado de las variedades comerciales. Ya que estos factores son bastante variables en el tiempo, y sumado a los cambios en lo cultural y social evidenciados en este trabajo, se hace indispensable impulsar monitoreos de la diversidad genética a largo plazo en la ZA de Quisqui.

El 65 por ciento de los agricultores se encontró en grupos que han buscado o están buscando cubrir su canasta básica obteniendo ingresos monetarios a través de otras actividades o la migración. Esto da pie a pensar que el desarrollo de una nueva agricultura, basada en productos *specialties* (entendidos como lo opuesto a *commodities*) con alto valor agregado, y otras fuentes de ingresos relacionados al manejo de los recursos naturales podría

contrarrestar la urgencia de estos agricultores de migrar a la ciudad, con la consecuente pérdida de su labor de conservación.

La necesidad de una estrategia de "optimización en la utilización de los recursos naturales de los ecosistemas andinos de alta montaña", como la propuesta por Torres y Velásquez (1994), basándose en los conceptos desarrollados por Earls (1989), que busque el desarrollo de sistemas de producción diversificados se hace indispensable. Esto significaría buscar formas de optimizar las amplias superficies en descanso (Morlon 1996) y proponer nuevos enfoques de manejo de recursos como sistemas agroforestales o agrosilvopastoriles. Experiencias andinas en nuestro país son recogidos por la FAO (2010) en los departamentos de Cusco y Puno y por Mathez-Stiefel (2016) en la región de Apurímac. Además, es altamente conocido el caso exitoso de la Granja Porcón en el departamento de Cajamarca. En general la integración de especies arbóreas, cultivos y crianzas buscan el reemplazo de los insumos externos, por servicios ecosistémicos. Indicios encontrados por Simpson (2014), dan pie a pensar que es posible preservar ecosistemas locales, maximizando los beneficios (reducción de insumos externos) a través de dichos servicios. Aunque el autor también menciona posibles desventajas al largo plazo, debido a que es posible una reducción en la producción, producto de la dependencia de los servicios ecosistémicos, que lleve a un incremento de la presión de producción en otros lugares. Definitivamente son opciones que, de ser implementadas, deben de ser estudiadas y monitoreadas, para que el beneficio sea sostenible en el tiempo.

Por otro lado, los llamados pagos por servicios de conservación de la agrobiodiversidad (PACS, por sus siglas en inglés) son otra opción que puede manejarse en la ZA de Quisqui. Experiencias como las de Narloch *et al.* (2013), con resultados interesante, del tipo *win-win*, deben ser estudiados con el fin de analizar su idoneidad y posible adaptación en el distrito de Quisqui. Ellos contactaron a grupos de productores de quinua en dos zonas del altiplano boliviano y peruano. Los agricultores subastaron sus servicios, en términos de superficie cultivada y número de variedades a mantener, firmándose contratos para pagos en especies a elección de los productores: equipo e insumos agrícolas, materiales para construcción o para la escuela.

Finalmente, la metodología que analiza diferentes aspectos del sistema del cultivo de papa en la ZA de Quisqui, presentada en este estudio encaja perfectamente en un tipo de análisis

que viene ganando fuerza en los últimos años: el análisis de la resiliencia, adaptación y transformación (RATA, por sus siglas en inglés) (O'Connell *et al.* 2015). Este, se enmarca en la teoría del Manejo Adaptativo de los Ecosistemas (Holling 1978; Walters 1986; Walker *et al.* 2002) en el que, el concepto de resiliencia ocupa un lugar central. Esta metodología, a la vez de aportar un diagnóstico integrador del estado de un sistema, recoge información de todos los actores sociales, permitiendo conocer su visión a futuro sobre el estado del sistema. Es así, que es capaz de proponer alternativas de manejo concretas, ya sea para, apelando a la resiliencia, mantener el sistema en su estado o atractor presente o, apelando a la transformación, segundo concepto clave en este marco teórico, llevar el sistema hacia otro estado o atractor. Integrar la información producida a lo largo de los últimos 20 años sobre la ZA de Quisqui a un análisis de resiliencia sería muy favorable, pudiendo llegar a la elaboración de políticas que lleven al sistema hacia una dirección consensuada, basada en evidencia científica y la percepción de los actores involucrados: políticos, científicos y agricultores.

De esta manera, si bien se presentan resultados interesantes sobre algunos aspectos del estado del agroecosistema de la ZA de Quisqui, el camino es aún largo, con mucha investigación por desarrollar y con aún muchos más proyectos por implementar, de forma que se asegure el bienestar de los pobladores que se asientan en este rico, en todos los sentidos, lugar.

V. CONCLUSIONES

- La riqueza varietal del cultivo de papa en la ZA de Quisqui fue en general elevada, encontrándose en total 692 variedades. La riqueza en la sub-cuenca de Guellaymayo (505) fue mayor que la del Ragracancha (420).
- La cuantificación de la diversidad con los índices de Simpson y Shannon muestra una alta diversidad del cultivo de papa (0.86 y 2.67, respectivamente). En la subcuenca de Ragracancha, ambos índices fueron mayores que en Guellaymayo (Simpson = 0.89, 0.79; Shannon = 2.96, 2.27, respectivamente), aunque sin diferencias estadísticamente significativas. Se encontró que no siempre una mayor riqueza, significa una mayor diversidad.
- Podría existir una situación de riesgo de erosión del cultivo de papa dada la existencia de un alto porcentaje de variedades raras o muy raras (94 por ciento de las variedades). Por otro lado, el 90 por ciento de las variedades no superan los 10 kg de semilla en toda la ZA de Quisqui. El conjunto de variedades raras o muy raras amerita estrategias de conservación especiales, contemplando tanto estrategias *in situ* como *ex situ*.
- Se encontró una relación entre la riqueza y la superficie cultivada. Esta misma variable, junto con el Índice de Manejo Agrícola Tradicional tuvieron la mayor influencia, explicando la diversidad del cultivo de papa medida con el índice de Simpson.
- Ni la identidad cultural, ni el arraigo territorial, ni una producción orientada hacia el autoconsumo, ni el tamaño, ni fuerza laboral familiar mostraron una correlación significativa con la riqueza varietal en la ZA de Quisqui.

- El arraigo territorial se correlacionó negativamente con la diversidad del cultivo de papa, medida a través del índice de Simpson. Las variables individuales que más correlacionaron con la riqueza de variedades fueron la edad de agricultor independiente y el número de tradiciones agrícolas conocidas, practicadas y transmitidas por el jefe de familia.
- La variable que más correlacionó con la diversidad fue el esfuerzo de búsqueda por semilla. Por lo que se considera que el estímulo al mantenimiento y fortalecimiento de las redes para facilitar su adquisición es una base importante de la estrategia de conservación.
- Según las características socioeconómicas, culturales y de manejo del cultivo de papa de cada agricultor, se encontraron 4 tipos de productor de papa en la ZA de Quisqui. Se asignaron los siguientes nombres para cada grupo: "conservacionistas innovadores", "conservacionistas tradicionales", "conservacionistas iniciantes" y "conservacionistas en posible riesgo".
- Se generó una herramienta metodológica que permite explorar la diversidad genética de cultivos, en base a la abundancia de cada variedad. Esta, integrada al diagnóstico de la riqueza y a la cantidad de agricultores que las manejan, constituye una forma de monitoreo, que aportaría a la conservación *in situ* de la diversidad genética de papa, y otros cultivos, en general.

VI. RECOMENDACIONES

-Implementar un sistema de monitoreo de la agrobiodiversidad en base a los índices de diversidad, de tal manera que puedan detectarse procesos de erosión en la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui.

-Incrementar la escala de evaluación espacial de manera que se tengan resultados más representativos de la Zona de Agrobiodiversidad de Quisqui.

-Realizar colectas de los tubérculos de las variedades identificadas, de tal manera que se siembren en ensayos específicos para la caracterización agromorfológica de manera que se identifiquen de manera más exacta las sinonimias y homonimias de los nombres campesinos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akhalkatsi, M., Otte, A., Togonidze, N., Bragvadze, T., Asanidze, Z., Arabuli, G., ... Mazanishvili, L. 2017. Agrobiodiversity and genetic erosion of crop varieties and plant resources in the Central Great Caucasus. *Annals of Agrarian Science*, 15(1), 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2016.12.002>
- Altieri, MA; Merrick, L. 1987. In situ conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany*, 41(1), 86–96. <http://doi.org/10.1007/BF02859354>
- Alvarado, F., Siura, S., & Manrique, A. 2017. Peru: agroecological movement history 1980–2015. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(3–4), 366–379. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1287148>
- ANDINA. 2017. "Huánuco: festival de papa amarilla muestra más de 1000 variedades del tubérculo". ANDINA, Lima, Perú. 23 de mayo. <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-huanuco-festival-papa-amarilla-muestra-mas-1000-variedades-tuberculo-667962.aspx>
- Arce, A., de Haan, S., Burra, D. D., & Ccanto, R. 2018. Unearthing Unevenness of Potato Seed Networks in the High Andes: A Comparison of Distinct Cultivar Groups and Farmer Types Following Seasons With and Without Acute Stress. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2(July). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00043>
- Arias, E; Torres, J; Ibañez, N; León, W. 2019. Evaluación de escenarios climáticos cuantitativos y cualitativos para papa y maíz en la sierra central. En: Torres, J; Parra, F; Casas, A; Cruz, A (Eds). *De los cultivos nativos y el cambio del clima. Hallazgos (Huánuco y Apurímac)*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 335.
- Badstue, L. B., Bellon, M. R., Berthaud, J., Ramírez, A., Flores, D., & Juárez, X. 2007. The Dynamics of Farmers' Maize Seed Supply Practices in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *World Development*, 35(9), 1579–1593. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2006.05.023>

- Ban, N., y Coomes, O. T. 2004. Home Gardens in Amazonian Peru: Diversity and Exchange of Planting Material. *Geographical Review*, 94(3), 348–367.
<https://doi.org/10.1111/j.1931-0846.2004.tb00177.x>
- Bellon, M. R. 1996. The dynamics of crop infraspecific diversity: A conceptual framework at the farmer level 1La Dinámica de la Diversidad Infraespecífica: Un Marco Conceptual a Nivel del Agricultor. *Economic Botany*, 50(1), 26–39.
<https://doi.org/10.1007/bf02862110>
- Bellon, M. R. 2004. Conceptualizing interventions to support on-farm genetic resource conservation. *World Development*, 32(1), 159–172.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2003.04.007>
- Bellon, M. R., & Brush, S. B. 1994. Keepers of maize in Chiapas, Mexico. *Economic Botany*, 48(2), 196-209.
- Bellon, M. R., Dulloo, E., Sardos, J., Thormann, I., & Burdon, J. J. 2017. In situ conservation—harnessing natural and human-derived evolutionary forces to ensure future crop adaptation. *Evolutionary Applications*, 10(10), 965–977.
<https://doi.org/10.1111/eva.12521>
- Bioversity International. 2016. La incorporación de la biodiversidad agrícola en sistemas alimentarios sostenibles.
- Blanco, J., Vandenbroucke, H., & Carrière, S. M. 2016. A novel index to quantify agrobiodiversity in a biocultural perspective: the case of shifting cultivation gardens in Vanuatu (Pacific). *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(3), 190–214.
<https://doi.org/10.1080/21683565.2015.1127307>
- Bonneuil, C., Goffaux, R., Bonnin, I., Montalent, P., Hamon, C., Balfourier, F., & Goldringer, I. 2012. A new integrative indicator to assess crop genetic diversity. *Ecological Indicators*, 23, 280–289. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.04.002>
- Brack, A. 2003. Perú: diez mil años de domesticación. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) - Cooperación Técnica Alemana (GTZ). Lima, Perú. 160 p.
- Breiman, L. 2001. Random Forest. *Machine Learning*, 45, 5–32.
<https://doi.org/10.3390/rs10060911>
- Brennan, J.P; Godden, D; Smale, M; Meng, E. 1999. ‘Variety choice by Australian Wheat Growers and Implications for Genetic Diversity’, Contributed paper, 43rd Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society, Christchurch, New Zealand.

- Brown, A.H.D.; Hodgkin, T. 2015. Indicators of genetic diversity, genetic erosion, genetic vulnerability for plant genetic resources. En: Ahuja, M.R. y Jain, S.M. (editores) Genetic diversity and erosion in plants. Springer. Switzerland. 327 p.
- Brush, S. B. 1995. In Situ Conservation of Landraces in Centers of Crop Diversity. *Crop Science*, 35(2), 346. <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500020009x>
- Brush, S. B. 2004. Genetic erosion of crop populations in centers of diversity. 153-174 pp. En: Brush, S. Farmer's bounty. Yale University Press, United States of America.
- Brush, S. B., Taylor, J. E., Bellon, M. R. 1992. Technology adoption and biological diversity in Andean potato agriculture. *Journal of Development Economics* 39(2):365-387. DOI: 10.1016/0304-3878(92)90044-A
- Buckland, S. T., Magurran, A. E., Green, R. E., & Fewster, R. M. 2005. Monitoring change in biodiversity through composite indices. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1454), 243–254. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1589>
- Casas, A. 2016. Manejo in situ y ex situ de recursos genéticos. En: Casas, A., J. Torres-Guevara y F. Parra (Eds.). Domesticación y agricultura en el continente americano: historia y perspectivas del manejo de recursos genéticos en el Nuevo Mundo. Universidad Nacional Autónoma de México /Universidad Nacional Agraria La Molina / Red Mexicana de Etnoecología y Patrimonio Biocultural/ CONACYT, México/Perú.
- Casas, A. y F. Parra. 2007. Agrobiodiversidad, parientes silvestres y cultura: LEISA revista de agroecología, 23 (2): 5-8.
- Casas, A. y F. Parra. 2016. La domesticación como proceso evolutivo. En: Casas, A., J. Torres-Guevara y F. Parra (Eds.). Domesticación y agricultura en el continente americano: historia y perspectivas del manejo de recursos genéticos en el Nuevo Mundo. Universidad Nacional Autónoma de México /Universidad Nacional Agraria La Molina / Red Mexicana de Etnoecología y Patrimonio Biocultural/ CONACYT, México/Perú.
- Casas, A. y Vallejo M. 2019. Agroecología y Agrobiodiversidad. En: Merino Perez, L. (Ed). Crisis Ambiental en México: ruta para el cambio. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Casas, A., Cruse-Sanders, J., Morales, E., Otero-Arnaiz, A., & Valiente-Banuet, A. 2006. Maintenance of phenotypic and genotypic diversity in managed populations of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) by indigenous peoples in Central Mexico.

- Biodiversity and Conservation, 15(3), 879–898. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-2934-7>
- CCTA (Coordinadora de Ciencia y Tecnología en los Andes). 2006. Informe de cierre. Proyecto In Situ. Lima, Perú.
- CCTA (Coordinadora de Ciencia y Tecnología en los Andes). 2009. Mecanismos de Sostenibilidad de la Agrobiodiversidad Vegetal Nativa en Comunidades Tradicionales Altoandinas de Cajamarca y Huánuco. Lima, Perú. 74 p.
- Cebolla-Cornejo, J., Soler, S., & Nuez, F. 2007. Genetic erosion of traditional varieties of vegetable crops in Europe: tomato cultivation in Valencia (Spain) as a case study. *International Journal of Plant Production*, 1(2), 113-128.
- Christiansen, MJ; Andersen, SB; Ortiz, R. 2002. Diversity changes in an intensively bred wheat germplasm during the 20th century. *Molecular Breeding*, 9, 1–11. <http://doi.org/10.1023/A:1019234323372>
- CIP, & FEDECH. 2006. Catálogo de variedades de papa nativa de Huancavelica-Perú.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 2015. Catálogo de variedades de papa nativa de Chugay, La Libertad – Perú. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 2017. Catalogo de variedades de papa nativa del sureste del departamento de Junin - Peru. In *Catalogo de variedades de papa nativa del sureste del departamento de Junin - Peru*. <https://doi.org/10.4160/9789290602088>
- CIP-UPWARD (Centro Internacional de la Papa, Perú; Perspectiva del Usuario con la Investigación y el Desarrollo Agrícola). 2003. Conservation and sustainable use of agricultural biodiversity. Laguna, Philippines. 3 v.
- Collado, L. 2002. Diversidad cultivada y sociocultural en la Amazonía Central del Perú. Tesis Mg. Sc. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 120 p.
- Cromwell, E., Cooper, D., & Mulvany, P. 1999. Agriculture, biodiversity and livelihoods: issues and entry points. *Natural Resources Perspectives*, (April). Retrieved from http://www.fao.org/fileadmin/templates/soilbiodiversity/Downloadable_files/agbiodiversityandlivelihoods.pdf
- Cruz, G. 2001. Conservación in situ de papas nativas cultivadas (*Solanum* spp.) en la microcuenca de Rangracancha, distrito de Quisqui, Provincia de Huánuco, Departamento de Huánuco. Tesis para optar el título de Bióloga. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 190 p.

- Dainese, M., Martin, E. A., Aizen, M. A., Albrecht, M., Bartomeus, I., Bommarco, R., ...
Tschumi, M. 2019. A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. 1–14.
- Darwin, C. 1868. The variation of animals and plants under domestication (Vol. 2)
- de Carvalho, MÂAP; Bebeli, PJ; da Silva, AMB; Bettencourt, E; Slaski JJ; Dias, S. 2016. Agrobiodiversity: The Importance of Inventories in the Assessment of Crop Diversity and Its Time and Spatial Changes. En: Ahuja, MR; Jain, SM. eds. Genetic diversity and erosion in plants. Springer. Switzerland. 327 p.
- de Haan, S., Bonierbale, M., Ghislain, M., Nunez, J., & Trujillo, G. 2007. Indigenous biosystematics of andean potatoes: Folk taxonomy, descriptors and nomenclature. *Acta Horticulturae*, 745, 89–134. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.745.4>
- de Haan, Stef, Núñez, J., Bonierbale, M., & Ghislain, M. 2010. Multilevel Agrobiodiversity and Conservation of Andean Potatoes in Central Peru. *Mountain Research and Development*, 30(3), 222–231. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-10-00020.1>
- de Haan, S; Polreich, S.; Juarez, H.; Rodriguez, F.; Ccanto, R.; Alvarez, C.; Pinto, M.; Moreira, S.; Venegas, C.; Kalazich, J. 2014. The Chirapaq Ñan Initiative: Establishment of a long-term on-farm monitoring network for potato landrace diversity. In: Dias, S.; Dulloo, E.; Maxted, N.; Kell, S.; Thorn, E.; Smith, L.; Preston, J.; Hutchinson, S. (ed.) Book of abstracts. International Conference on Enhanced Genepool Utilization Capturing Wild Relative and Landrace Diversity for Crop Improvement. Cambridge (UK). 6-20 Jun 2014. Rome (Italy). Bioversity International. p. 28.
- Di Falco, S., & Perrings, C. 2005. Crop biodiversity, risk management and the implications of agricultural assistance. *Ecological Economics*, 55(4), 459–466. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.005>
- Diulgheroff S. 2004. A global overview of assessing and monitoring genetic erosion of crop wild relatives and local varieties using WIEWS and other elements of the FAO global system of PGR. In: Ford-Lloyd BV, Dias SR, Bettencourt E, editors. Genetic Erosion and Pollution Assessment Methodologies. Proceedings of PGR Forum Workshop 5. Terceira Island, Autonomous Region of the Azores, Portugal, 8–11 September 2004. Bioversity International, Rome. pp. 6–14.

- Dollfuss, O. 1996. Los Andes como memoria. 11-29 pp. En: P. Morlon. Comprender la agricultura campesina en los Andes Centrales Perú-Bolivia. Instituto Francés de Estudios Andinos (IFEA) – Centro Bartolomé de las Casas (CBC). Lima, Perú.
- Dulloo, M. E., Carmona, N. E., Rana, J. C., Yadav, R., & Grazioli, F. 2021. Varietal threat index for monitoring crop diversity on farms in five agro-ecological regions in india. *Diversity*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/d13110514>
- Earls, J. 2006. La agricultura andina ante una globalización en desplome (Primera ed). CISEPA - PUCP.
- Earls, J. 1989. Planificación agrícola andina. COFIDE. Lima, Perú.
- Egúsqüiza, R. 2000. La papa: producción, transformación y comercialización. International Potato Center.
- Egúsqüiza, R. 2015. Catálogo de papas nativas cultivadas en Huánuco. Lima, Perú.
- El Peruano. 2015. LEY N° 30355. Ley de Promoción y Desarrollo de la Agricultura Familiar. Publicado el 15 de octubre del 2015.
- Engels, J., Diulgheroff, S., Sanz, J., Series, A., & Sanz Alvarez, J. 2014. Management of Crop Diversity Management of Crop Diversity: Key Practices for DRR Implementers. In Fao. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i3767e.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2007. La ADRS y la agrobiodiversidad. Roma, Italia. 4 p. (Serie Agricultura y Desarrollo Rural Sostenible (ADRS) Sumario de Política v. 16)
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2010. The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, Italy. 399 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Rome. <https://doi.org/10.1101/554170>
- Figüeroa, M. 2006. La conservación in situ de la papa (*Solanum spp.*) en la microcuenca de Warmiragra (1950-2004), distrito de Tomayquichua, Provincia de Ambo, Región Huánuco. Tesis para optar el título de Bióloga. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 168 p.
- Frankel, OH; Hawkes, JG (Eds). 1975. Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge Univ. Press, Cambridge, England.

- Fu, Y. B. 2015. Understanding crop genetic diversity under modern plant breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, (128), 2131–2142. <https://doi.org/10.1007/s00122-015-2585-y>
- Gajanana, T., Dinesh, M., Rajan, S., Vasudeva, R., Singh, S. K., Lamers, H. A., ... Rao, V. R. 2015. Motivation for On-farm Conservation of Mango (*Mangifera indica*) Diversity in India – A Case Study. *Indian J. Plant Genet. Resour.* *Indian J. Plant Genet. Resour*, 28(281), 1–6. <https://doi.org/10.5958/0976-1926.2015.00001.7>
- Gepts, P. 2014. Domestication of Plants. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, (December 2014), 474–486. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00231-X>
- Giller, K., Beare, M., Lavelle, P., Izac, A.-M., & Swift, M. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Applied Soil Ecology*, 6, 3–16. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(96\)00149-7](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(96)00149-7)
- Godoy, R; Reyes-García, V; Byron, E; Leonard, WR; Vadez, V. 2005. the Effect of Market Economies on the Well-Being of Indigenous Peoples and on Their Use of Renewable Natural Resources (en línea). *Annual Review of Anthropology* 34(1):121-138. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.34.081804.120412>.
- Gómez, R. 2008. Guía para la caracterización morfológica básica en colecciones de papas nativas (sexta aproximación). *Memorias del Seminario Taller Nacional de Caracterización In Situ*. CIP.
- Hajjar, R; Jarvis, DI; Gemmill-Herren, B. 2008. The utility of crop genetic diversity in maintaining ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 123(4), 261–270. <http://doi.org/10.1016/j.agee.2007.08.003>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. a. T., & Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1)(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2008.05.025>
- Harlan, JR. 1965. The possible role of weed races in the evolution of cultivated plants. *Euphytica* 14:173-176.
- Harlan, JR. 1992. *Crops and man*. Madison. Wisconsin: Foundation for modern crop science series. American Society of Agronomy. 2da Ed.
- Hawkes JG. 1990. *The potato: evolution, biodiversity and genetic resources*. Belhaven Press, Oxford, United Kingdom.
- Hawkes JG. 1998. Back to Vavilov: Why were plants domesticated in Some Areas and Not in Others? 5-8 pp. En: Damania, A.B. et al., (editores) *The origins of agriculture and*

- crop domestication. Proceedings of the Harlan Symposium, 10-14 May 1997, Aleppo, Syria. 352 p.
- Holling, C. 1978. Adaptive environmental assessment and management: an overview. (C. Holling, Ed.). International Institute for Applied Systems Analysis. [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(80\)90047-2](https://doi.org/10.1016/0304-3800(80)90047-2)
- Hu, J., & Quiros, C. F. 1991. Identification of broccoli and cauliflower cultivars with RAPD markers. *Plant Cell Reports*, 10(10), 505–511. <https://doi.org/10.1007/BF00234583>
- Huamán, Z. y Gómez, R. 1994. Descriptores de la papa para caracterización básica de colecciones nacionales. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima.
- Huamán, S., y Spooner, D. M. 2002. Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (SOLANUM SECT. PETOTA). 89(6), 947–965.
- Huamán, Z. 2008. Descriptores morfológicos de la papa (*Solanum tuberosum* L.) Tenerife: CCBAT.
- IDMA (Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente). 2002. Punto de partida de la conservación In Situ en la Microcuenca de Mito, Distrito de Quisqui, Departamento de Huánuco. 34 p.
- IDMA (Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente). 2016. Agrobiodiversidad, para alimentar al Perú y al mundo. Experiencias exitosas de conservación de la ABD en comunidades andinas de Huánuco y Lima. Lima, Perú. 84 p.
- Iltis, HH. 1974. Freezing the genetic landscape-the preservation of diversity in cultivated plants as an urgent social responsibility of the plant geneticist and plant taxonomist. *Maize Genet. Coop. Newslett.* 48:199-200.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú). 2016. Evolución de la Pobreza Monetaria 2007-2016. 179 p. Lima, Perú. Informe Técnico.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú). 2018. Principales Resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. 123 p. Lima, Perú. Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1593/
- INEI. 2012. Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Retrieved from <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2009. Descriptores mínimos de papa (*Solanum* sp.). Lima: INIA.

- Iparraguirre, L. 2017. "Perú es el primer productor de papa en Latinoamérica y segundo en el continente". ANDINA (Lima, Perú). 22 mayo, 2017.
<<http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-peru-es-primer-productor-papa-latinoamerica-y-segundo-el-continente-667862.aspx>>
- Jarvis, D., Sthapit, B., & Sears, L. (Eds.). 2000. Conserving agricultural biodiversity in situ: a scientific basis for sustainable agriculture. Rome: International Plant Genetic Resources Institute.
- Jarvis, DI; Brown, AHD; Cuong, PH; Collado-Panduro, L; Latournerie-Moreno, L; Gyawali, S... Hodgkin, T. 2008. A global perspective of the richness and evenness of traditional crop-variety diversity maintained by farming communities. Proceedings of the National Academy of Sciences, 105(14), 5326–5331. DOI: <http://doi.org/10.1073/pnas.0800607105>
- Johns, T. y S. Keen. 1986. Ongoing evolution of the potato on the altiplano of western Bolivia. *Econ Bot* 40(4):409–424
- Khoury, CK.; Bjorkman, AD; Dempewolf, H; Ramirez-Villegas, J; Guarino, L; Jarvis, A... Struik, PC. 2014. Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(11), 4001–4006. <http://doi.org/10.1073/pnas.1313490111>
- Labeyrie, V., Thomas, M., Muthamia, Z. K., & Leclerc, C. 2016. Seed exchange networks, ethnicity, and sorghum diversity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 113(1), 98–103.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1513238112>
- Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76(1), 5–13.
- Last, L; Arndorfer, M; Balázs, K.; Dennis, P; Dyman, T; Fjellstad, W... Kolliker, R. 2014. Indicators for the on-farm assessment of crop cultivar and livestock breed diversity: a survey-based participatory approach. *Biodiversity and Conservation*, 23, 3051–3071. <http://doi.org/10.1007/s10531-014-0763-x>
- Liaw, A y M. Wiener. 2002. Classification and Regression by randomForest. *R News* 2(3), 18--22.
- Louette, D., Charrier, A., & Berthaud, J. 1997. In situ conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic botany*, 51(1), 20-38.

- Magurran, AE. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science. Oxford, United Kingdom. 256 p.
- Mallma, GA. 2019. *Evaluación de la influencia del cambio climático en los cultivos de Solanum tuberosum y Zea mays en la microcuenca de Calicanto en Apurímac*. Tesis para optar el título de Ingeniera Ambiental. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 76 p.
- Martinez, J; Zizumbo, D; Perales, H; Colunga, P. 2004. Intraspecific Diversity and Morpho-phenological Variation in *Phaseolus lunatus* L. from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Economic Botany*, 58(3):354–380.
- Mastretta-Yanes, A., Acevedo Gasman, F., Burgeff, C., Cano Ramírez, M., Piñero, D., & Sarukhán, J. 2018. An initiative for the study and use of genetic diversity of domesticated plants and their wild relatives. *Frontiers in Plant Science*, 9(February), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00209>
- Mathez-Stiefel, S.-L. 2016. *Opciones Agroforestales para la Adaptación al Cambio Climático: Informe de talleres participativos realizados en las comunidades de Ccerabamba, Andina y Pacchani (Distrito Pacobamba, Apurímac, Perú)*. Lima, Perú.
- Mathur, P. 2011. COLLECTING PLANT GENETIC DIVERSITY - Ch. 4 - Assessing the threat of genetic erosion. *Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines—2011 Update*, 1–7.
- McNaughton, S. J. 1994. Biodiversity and Function of Grazing Ecosystems. *Biodiversity and Ecosystem Function*, (1935), 361–383. https://doi.org/10.1007/978-3-642-58001-7_17
- Medina Galo y Mena Patricio. 2001. *La agricultura y ganadería en los Páramos*. Grupo de Trabajo en Páramos en el Ecuador. Serie Páramo 8. Quito: Abya Yala.
- Meng, ECH. 1997, *Land allocation decisions and in situ conservation of crop genetic resources: the case of wheat landraces in Turkey*, Ph. D. thesis, University of California, Davis, California.
- Meng, ECH; Smale, M; Bellon, M; Grimanelli, D. 2000. Definition and measurement of crop diversity for economic analysis. En: Smale, M. (editor). *Farmers gene banks and crop breeding: Economic analysis of diversity in wheat, maize and rice*. Springer Netherlands. 270 p.
- MIDIS (Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social). 2012. *Mapa de vulnerabilidad a la seguridad alimentaria*. 150 p.

- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2016. DS 020-2016-MINAGRI. Decreto Supremo que aprueba el reglamento sobre formalización del reconocimiento de zonas de agrobiodiversidad orientadas a la conservación y uso sostenible de especies nativas cultivadas por parte de pueblos indígenas.
- Minitab, LLC. 2021. Minitab 17. Retrieved from <https://www.minitab.com>
- Mondini, L., Noorani, A., & Pagnotta, M. A. 2009. Assessing plant genetic diversity by molecular tools. *Diversity*, 1, 19–35. <https://doi.org/10.3390/d1010019>
- Morlon, P. 1996. Comprender la agricultura campesina en los Andes Centrales Perú-Bolivia. Instituto Francés de Estudios Andinos (IFEA) – Centro Bartolomé de las Casas (CBC). Lima, Perú. 495 pp.
- Murra, J. 2002. El Mundo Andino: Población, Medio ambiente y Economía. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Lima, Perú. 511 pp.
- Murra, J. 1975. Formaciones económicas y políticas del mundo andino. Instituto de Estudios Peruanos (IEP). Lima, Perú. 339 pp.
- Murra, J. 1983. La organización económica del estado Inca. Siglo XXI – Instituto de Estudios Peruanos (IEP). México, DF, México.
- Nabhan, G. P. 1979. Cultivation and culture. *Ecologist* 9:259-263.
- Narloch, U., Pascual, U., & Drucker, A. G. 2013. How to achieve fairness in payments for ecosystem services? Insights from agrobiodiversity conservation auctions. *Land Use Policy*, 35(May), 107–118. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.05.002>
- Negri, V., Maxted, N., & Veteläinen, M. 2009. European Landrace Conservation: an Introduction. In M. Veteläinen, V. Negri, & N. Maxted (Eds.), *European landraces: on-farm conservation, management and use* (pp. 1–22).
- Núñez, I., González-Gaudiano, É., & Barahona, A. 2003. La biodiversidad: Historia y contexto de un concepto. *Interciencia*.
- O’Connell, D. O., Walker, B., Abel, N., & Grigg, N. 2015. The Resilience, Adaptation and Transformation Assessment Framework : from theory to application Panel of the Global Environment Facility Discussion paper for the Scientific and Technical Advisory Panel of the Global Environment Facility. 96. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4301.4564>
- Ochoa C. M. 1990. The potatoes of South America: Bolivia. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ochoa C. M. 1999. Las papas de Sudamerica: Perú. Lima: Centro Internacional de La Papa (CIP).

- Ortiz R. and Huaman Z. 1994. Inheritance of morphological and tuber characteristics. p. 263-283. In: *Potato Genetics*. J.E. Bradshaw and G.R. Mackay (Ed.), CAB International, U.K.
- Østergård, H; Finckh, M. R; Fontaine, L; Goldringer, I; Hoad, SP; Kristensen, K.... Wolfe, MS. 2009. Time for a shift in crop production: Embracing complexity through diversity at all levels. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89:1439–1445. <http://doi.org/10.1002/jsfa.3615>
- Paluszynska, A., Biecek, P., Jiang, Y. 2020. randomForestExplainer: Explaining and Visualizing Random Forests in Terms of Variable Importance. R package version 0.10.1. <https://CRAN.R-project.org/package=randomForestExplainer>
- Pearsall, D. M. 2008. Plant domestication and the shift to agriculture in the Andes. *The Handbook of South American Archaeology*, (Eds) Silverman H, Isbell WH.
- Perales, H. R., Benz, B. F., & Brush, S. B. 2005. Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(3), 949–954. <https://doi.org/10.1073/pnas.0408701102>
- Perales, H., Brush, S. B., & Qualset, C. O. 2003. Dynamic management of maize landraces in Central Mexico. *Economic botany*, 57(1), 21-34.
- Poudel, D. 2015. On farm conservation of crop genetic resource: Declining de facto diversity and optimal funding strategy. *Natural Resources* 6:196–207.
- PRATEC (Proyecto Andino de Tecnologías Campesinas, Perú). 2004. Informe sobre el inventario de la variabilidad nominal de los cultivos andinos. Lima, Perú. Proyecto: In situ
- Prescott-Allen, R; Prescott-Allen, C. 1982. The case for in situ conservation of crop genetic resources. *Nat. and Resources* 23:15-2
- Quiros, C. F., Brush, S. B., Douches, D. S., Zimmerer, K. S., & Huestis, G. 1990. Biochemical and folk assessment of variability of andean cultivated potatoes. *Economic Botany*, 44(2), 254–266. <https://doi.org/10.1007/BF02860490>
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RAE (Real Academia Española). 2014. *Diccionario de la lengua española*. 23 ed.

- Rana, RB. 2004. Influence of Socio-economic and Cultural Factors on Agrobiodiversity Conservation On-farm in Nepal. PhD dissertation. Reading, United Kingdom: University of Reading
- Reush, T., Ehlers, A., Hammerli, A., & Worm, B. 2005. Ecosystem recovery enhanced by genotypic diversity. *PNAS*, 102(8), 2826–2831.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0500008102>
- Ricardo Najera Flores. 2014. Una aplicación del índice DCOVA a la diversidad de escarabajos del bosque mesófilo de montaña. In *Sociedad Matemática Mexicana (Ed.), XLVII Congreso Nacional de la SMM*.
- Rogers, D. L. 2004. Genetic erosion: No Longer Just an Agricultural Issue. *Native Plants Journal*, 5(2), 112–122. <https://doi.org/10.1002/9783527678679.dg05000>
- Ruiz, M. 2009. Las zonas de agrobiodiversidad y el registro de cultivos nativos: aprendiendo de nosotros mismos. Lima, Perú, Imprenta Lerma Gómez. 118 p.
- Sadiki, M., Jarvis, D., Rijal, D., Bajracharya, J., Hue, N. N., Sawadogo, M., ... Williams, D. 2011. Nombres de las variedades. ¿Son los nombres de las variedades un punto de entrada a la diversidad genética de los cultivos y a su distribución en los agroecosistemas? In D. I. Jarvis, C. Padoch, & H. Cooper (Eds.), *Manejo de la Biodiversidad en los Ecosistemas Agrícolas* (p. 525). Roma: Bioversity International.
- Salazar-Barrientos, Lucila de Lourdes, Magaña-Magaña, Miguel Ángel, Aguilar-Jiménez, Astrid Nohely, y Ricalde-Pérez, María Fernanda. 2016. Factores socioeconómicos asociados al aprovechamiento de la agrobiodiversidad de la milpa en Yucatán. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 3(9), 391-400. Recuperado en 23 de agosto de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282016000300391&lng=es&tlng=es.
- Sánchez G., J. J., y Goodman, M. M. 1992. Relationships among the Mexican races of maize. *Economic Botany*, 46(1), 72–85. <https://doi.org/10.1007/BF02985256>
- Schöb, C; Kerle, S; Karley, AJ; Morcillo, L; Pakeman, RJ; Newton, AC; Brooker, RW. 2015. Intraspecific genetic diversity and composition modify species-level diversity–productivity relationships. *New Phytologist* 205:720–730. doi: 10.1111/nph.13043
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2010. *Global Biodiversity Outlook 3*. Montréal, 94 pages
- SCBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity). 2006. COP 3 Decision III/11: Conservation and sustainable use of agricultural biological diversity <https://www.cbd.int/decision/cop/?id=7107>

- SCBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity). 2008. What is Agricultural Biodiversity? <https://www.cbd.int/agro/whatis.shtml> Consultado 23 de enero del 2022
- SCBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity). 2010. Global Biodiversity Outlook 3. Montréal, Canada. 94 p.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2021. Tendencias Históricas de Temperatura y Precipitación del SENAMHI.
- Shannon, C. 1948. A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27(April 1928), 379-423,623-656. Retrieved from <http://math.harvard.edu/~ctm/home/text/others/shannon/entropy/entropy.pdf>
- Sigaut, F. 1975. *L'agriculture et le feu*. Mouton & Co, Paris, 320 pp.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, Vol. 163, p. 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Simpson, R. D. 2014. Ecosystem services as substitute inputs: Basic results and important implications for conservation policy. *Ecological Economics*, 98, 102–108. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.12.012>
- Skarbø, K. 2012. Reconfiguration of Andean fields: Culture, Climate and Agrobiodiversity. The University of Georgia.
- Smale, M. 2003. Determinants of spatial diversity in modern wheat: Examples from Australia and China. *Agricultural Economics* 28(1):13–26. [http://doi.org/10.1016/S0169-5150\(02\)00067-1](http://doi.org/10.1016/S0169-5150(02)00067-1)
- Smale, M; Meng, E; Brennan, JP; Hu, R. 2000. Using Ecological Indices and Economics to Explain Diversity in a Wheat Crop: Examples from Australia and China. 2000 Conference (44, January 23-25, 2000, Sydney, Australia), Australian Agricultural and Resource Economics Society.
- Smith, S; Bubeck, D; Nelson, B; Stanek, J; Gerke, J. 2015. Genetic diversity and modern plant breeding. En: Ahuja, MR; Jain, SM. eds. *Genetic diversity and erosion in plants*. Springer. Switzerland. 327 p.
- Soleri, D; Worthington, M; Aragón-Cuevas, F; Smith, SE; Gepts, P. 2013. Farmers' Varietal Identification in a Reference Sample of Local Phaseolus Species in the Sierra Juárez, Oaxaca, Mexico. *Economic Botany* 67(4):283–298. <http://doi.org/10.1007/s12231-013-9248-1>
- SPDA Actualidad Ambiental. 2017. Zonas de agrobiodiversidad y sus beneficios [Archivo de video]. Youtube. https://youtu.be/_TFswF4rkNg

- Spooner, D; Mclean, K.; Ramsay, G; Waugh, R; Bryann, GJ. 2005. A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping. *PNAS* 102(41):14694-14699
- Sthapit, B. R., Lamers, H., & Rao, V. R. 2013. Custodian Farmers of Agricultural Biodiversity: Selected Profiles from South and South East Asia. In B. R. Sthapit, H. Lamers, & V. R. Rao (Eds.), *Proceedings of the Workshop on Custodian Farmers of Agricultural Biodiversity*, 11-12 February 2013, New Delhi, India (p. 74). New Delhi: Bioversity International.
- Subedi, A., Chaudhary, P., Baniya, B. K., Rana, R. B., Tiwari, R. K., Rijal, D. K., ... Jarvis, D. I. 2003. Who Maintains Crop Genetic Diversity and How?: Implications for On-farm Conservation and Utilization. *Culture & Agriculture*, 25(2), 41–50. <https://doi.org/10.1525/cag.2003.25.2.41>
- Sukhotu, T., Kamijima, O., y Hosaka, K. 2005. Genetic diversity of the Andean tetraploid cultivated potato (*Solanum tuberosum* L. subsp. *Andigena* Hawkes) evaluated by chloroplast and nuclear DNA markers. *Genome*, 48(1), 55–64. <https://doi.org/10.1139/g04-086>
- Suquilanda, M. 1996. *Agricultura orgánica. Alternativa tecnológica del futuro*. Fundación para el Desarrollo Agropecuario (FUNDAGRO).
- Synnevag G, Huvio T, Sidibe Y, Kanoute A. 1999. Farmers' indicators for decline and loss of local varieties from traditional farming systems. A case study from northern Mali. In: Serwinski J, Faberova I (eds) *Proceedings of the technical meeting on the methodology of the FAO world information and early warning system on plant genetic resources*, held at the Research Institute of Crop Production, Prague, Czech Republic 21–23 June 1999. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Teshome, A., Fahrig, L., Torrance, J. K., Lambert, J. D., Arnason, T. J., & Baum, B. R. 1999. Maintenance of Sorghum (*Sorghum bicolor*, Poaceae) landrace diversity by farmers' selection in Ethiopia. *Economic Botany*, 53(1), 79–88. <https://doi.org/10.1007/BF02860796>
- Thomas, M., Dawson, J. C., Goldringer, I., & Bonneuil, C. 2011. Seed exchanges, a key to analyze crop diversity dynamics in farmer-led on-farm conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58(3), 321–338. <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9662-0>

- Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchie, M., & Siemann, E. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277(5330), 1300–1302. <https://doi.org/10.1126/science.277.5330.1300>
- Tiongco, M., & Hossain, M. 2015. Adoption of Modern Varieties and Rice Varietal Diversity on Household Farms in Bangladesh. In *HarvestPlus Working Paper* (Vol. 22).
- Torres, J. 1998. Ecosistemas de montaña: ¿un nuevo banco de oro? Serie: Cuestión Perú. Fundación Friedrich Ebert. Lima, Perú.
- Torres, J; Cruz, A; Parra, F. 2016. La conservación in situ en el Perú. Una experiencia dentro del proyecto “Conservación in situ de cultivos nativos y sus parientes silvestres en el Perú”. En: Casas, A; Torres, J; Parra, F. eds. *Domesticación en el continente americano. Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del Nuevo Mundo*. Primera edición. Lima, Perú. 507 p.
- UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 1992. *Convention on biological diversity*. Nairobi, Kenya.
- Urcola, M. 2012. Orientación vocacional universitaria de los hijos e hijas de productores agropecuarios en el sur de Santa Fe. *Estudios Rurales Vol 2, No 2*.
- Valera-Montero, Luis Lorenzo, Hernández-Dávila, Adriana, Silos-Espino, Héctor, & Flores-Benítez, Silvia. 2017. Variación genética en guayaba mediante RAPDs y descriptores morfológicos en Calvillo, Aguascalientes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(1), 67-77. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.72>
- Van Der Heijden, M. G. A., Klironomos, J. N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., ... Sanders, I. R. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396(6706), 69–72. <https://doi.org/10.1038/23932>
- Vavilov, NI. 1992. *Origin and Geography of cultivated plants* (trad. Doris Love). Cambridge University Press. Great Britain.
- Velásquez, D. 2009. Estrategias campesinas de conservación in situ de recursos genéticos en agroecosistemas andinos de la sierra del Perú: Cajamarca y Huánuco. Tesis Mg. Sc. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 113 p.
- Velásquez, D; Casas, A; Torres, J; Cruz, A. 2016. Erosión genética en comunidades andinas tradicionales. Factores ecológicos y socioculturales que influyen en la pérdida y conservación de agrobiodiversidad. En: Casas, A; Torres, J; Parra, F. eds.

- Domesticación en el continente americano. Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del Nuevo Mundo. Primera edición. Lima, Perú. 507 p.
- Vietmeyer, ND; Popenoe, H; King, SR; León, J; Kalinowski, LS. 1989. Lost crops of the incas: little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Research Council, Washington DC, United States of America. 415 p.
- Vitousek, P. M. 1994. Beyond Global Warming: Ecology and Global Change. *Ecology*, 75(7), 1861–1876. DOI: <https://doi.org/10.2307/1941591>
- Walker, B., Carpenter, S., Anderies, J., Abel, N., Cumming, G., Janssen, M., ... Pritchard, R. 2002. Resilience management in social-ecological systems: A working hypothesis for a participatory approach. *Ecology and Society*, 6(1). <https://doi.org/10.5751/es-00356-060114>
- Walters, C. 1986. Adaptive Management of Renewable Resources (Vol. 1). Basingstoke: Macmillan Publishers Ltd.
- Ward, JH. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association* 58(31):236-244.
- Weber, D., FC, Z., TC, V., & MB, D. 2008. Rimaycuna.: Quechua de Huánuco (Segunda ed; M. R. Wise, Ed.).
- Wickham, H. 2016. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York.
- Widawsky, D., Rozelle, S. 1998. Varietal Diversity and Yield Variability in Chinese Rice Production. En: Smale, M. (eds) *Farmers Gene Banks and Crop Breeding: Economic Analyses of Diversity in Wheat Maize and Rice*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-0011-0_10
- Wilkes, HG. 1983. Current status of crop plant germplasm. *Crit. Rev. Pl. Sci.* 1:133-181. <https://doi.org/10.1080/07352688309382175>
- Wilkes, HG; Wilkes, SK. 1972. The green revolution. *Environment* 14:32-39.
- Wei, T. y Simko V. 2021. R package 'corrplot': Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.92). Available from <https://github.com/taiyun/corrplot>
- Yasmin, S., Islam, M. S., Kondoker, M., Nasiruddin, M., & Alam, S. 2006. Molecular characterization of potato germplasm by Random Amplified Polymorphic DNA markers. *Biotechnology*, 5(1), 27-31.
- Zimmerer, K. S. 1988. *Seeds of Peasant Subsistence: Agrarian Structure, Crop Ecology and Quechua Agriculture in Reference to Loss of Biodiversity in the Southern Peruvian Andes*. University of California at Berkeley.

- Zimmerer, K. S. 2003. Geographies of seed networks for food plants (potato, ulluco) and approaches to agrobiodiversity conservation in the Andean Countries. *Society and Natural Resources*, 16(7), 583–601. <https://doi.org/10.1080/08941920309185>
- Zimmerer, K. S. 2010. Biological Diversity in Agriculture and Global Change. *Annual Review of Environment and Resources*, 35(1), 137–166. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-040309-113840>
- Zimmerer K. S., Spooner DM. 1991. Geographical approaches to crop conservation: the partitioning of genetic diversity in Andean potatoes. *Econ Bot* 45(2):176–189

VIII. ANEXOS

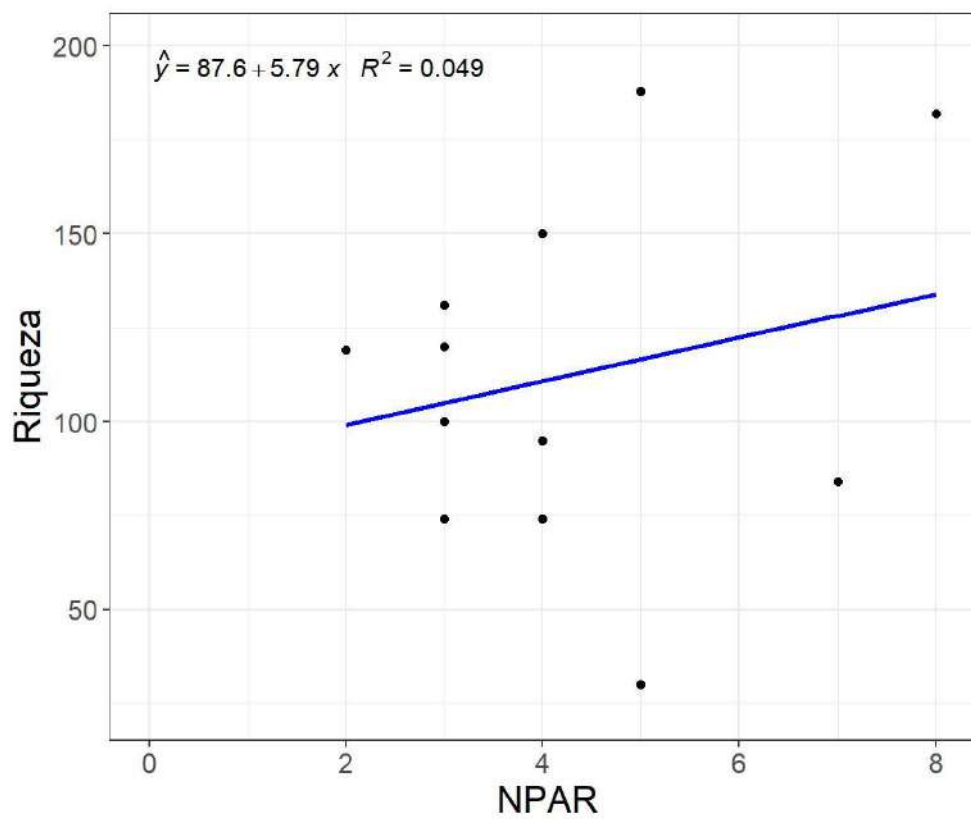
Anexo 1: Matriz de datos de las variables y sub-índices utilizados en el análisis de correlación y en el cálculo de los índices ambientales, culturales y socioeconómicos

Variables	Rosado	Alejo	Chaus W.	Lama	Chaus R.	Dionisio	Fernández	Antoniolo	Borja	Solis	Ponce	Vela
Riqueza (variedades de papa)	182	146	95	119	131	100	188	120	74	84	30	74
Diversidad (Índice de Simpson)	0.67	0.58	0.71	0.47	0.78	0.54	0.89	0.77	0.8	0.74	0.74	0.5
Diversidad (Índice de Shannon)	1.65	1.53	1.82	1.57	2.59	1.64	2.73	2.19	2	2.09	2.09	1.43
Número de Parcelas de Papa	8	4	4	2	3	3	5	3	4	7	5	3
Número de Parcelas Totales en Zona Baja	2	6	5	0	2	0	2	0	0	0	0	2
Número de Parcelas Totales en Zona Media	3	2	0	1	0	2	2	0	2	6	0	0
Número de Parcelas Totales en Zona Alta	3	2	3	2	2	5	3	3	10	6	8	2
Número de Tradiciones Agrícolas	4	5	3	4	4	3	4	5	3	4	3	3
Idioma del Padre de Familia ¹	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Edad del Padre de Familia	41	64	30	25	58	26	60	49	40	50	48	50
Edad de Agricultor Independiente	23	25	22	21	18	16	28	20	22	15	19	22
Edad de Aprendizaje de Agricultura	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1	0.5	1
Número de Variedades Heredadas	50	150	180	120	20	150	250	200	180	180	40	80
Extensión de Territorio Heredado (ha)	10	20	4	2	4	8	60	10	25	8	4	8
Estimulo de Vocación Agrícola al Hijo	0.89	0.94	0.90	0.95	0.97	0.94	0.94	0.92	0.94	0.96	0.95	0.96
Sub-índice de Superficie Cultivada de Papas Nativas (SupCult)	0.5	0.15	0.075	0.075	0.125	0.225	1	0.375	0.3	0.6	0.075	0.3
Sub-índice de Tecnologías Tradicionales (Tecno_prod)	0.64	0.82	0.52	0.61	0.59	0.67	0.67	0.69	0.70	0.61	0.71	0.78
Años de Descanso de Parcelas	4.00	5.00	3.00	4.00	3.00	6.00	5.00	5.00	8.00	3.00	1.00	7.00
Tipo de Labranza ²	0.50	0.75	0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.75	0.75
Proporción de abono propio utilizado	0.89	0.91	0.88	0.75	0.80	0.93	0.87	0.95	0.63	0.89	0.95	0.83

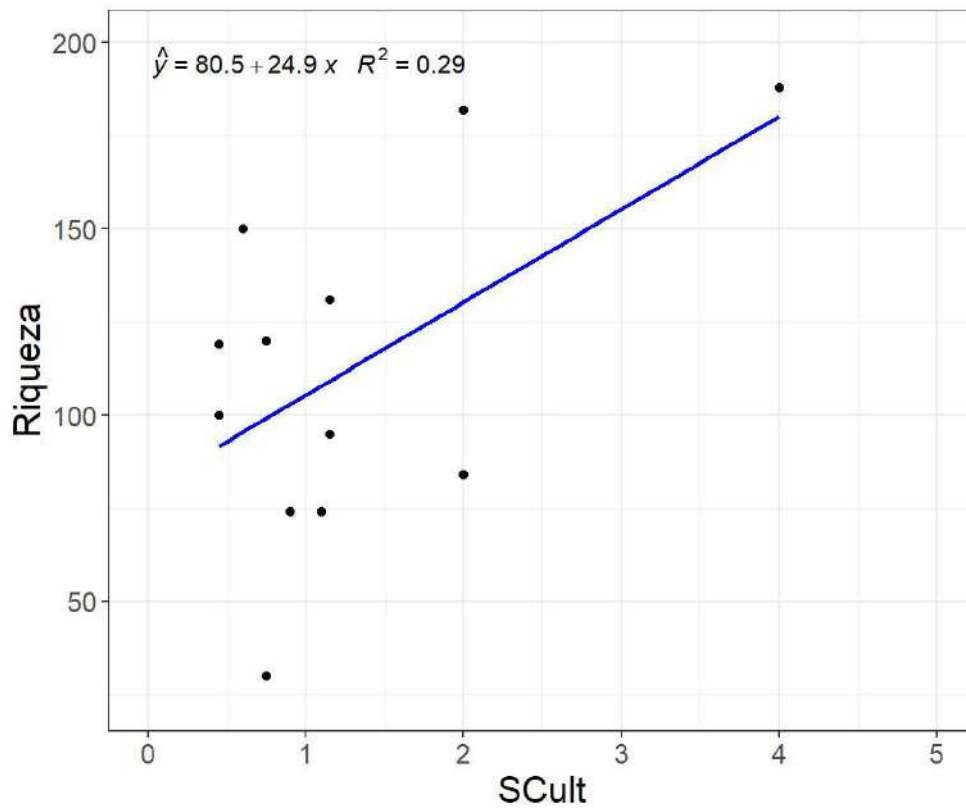
Anexo 2: Regresiones lineales entre la Riqueza y los Índices de Simpson y Shannon con las variables ambientales, culturales y socioeconómicas.

2.1 Riqueza

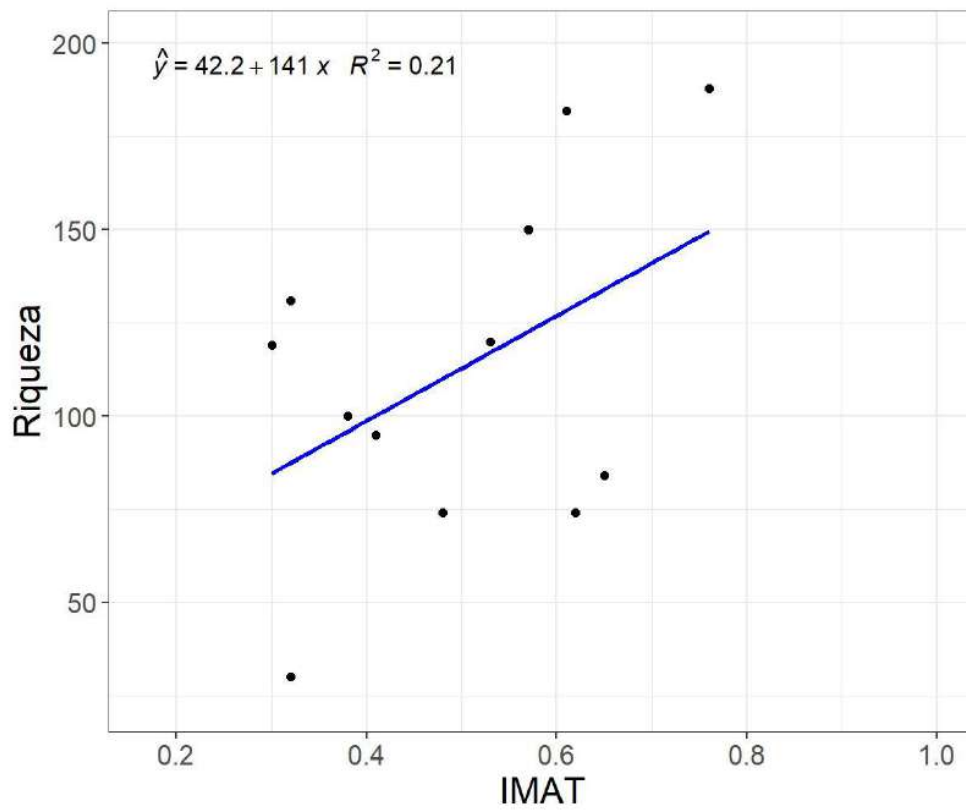
a. Riqueza y NPAR



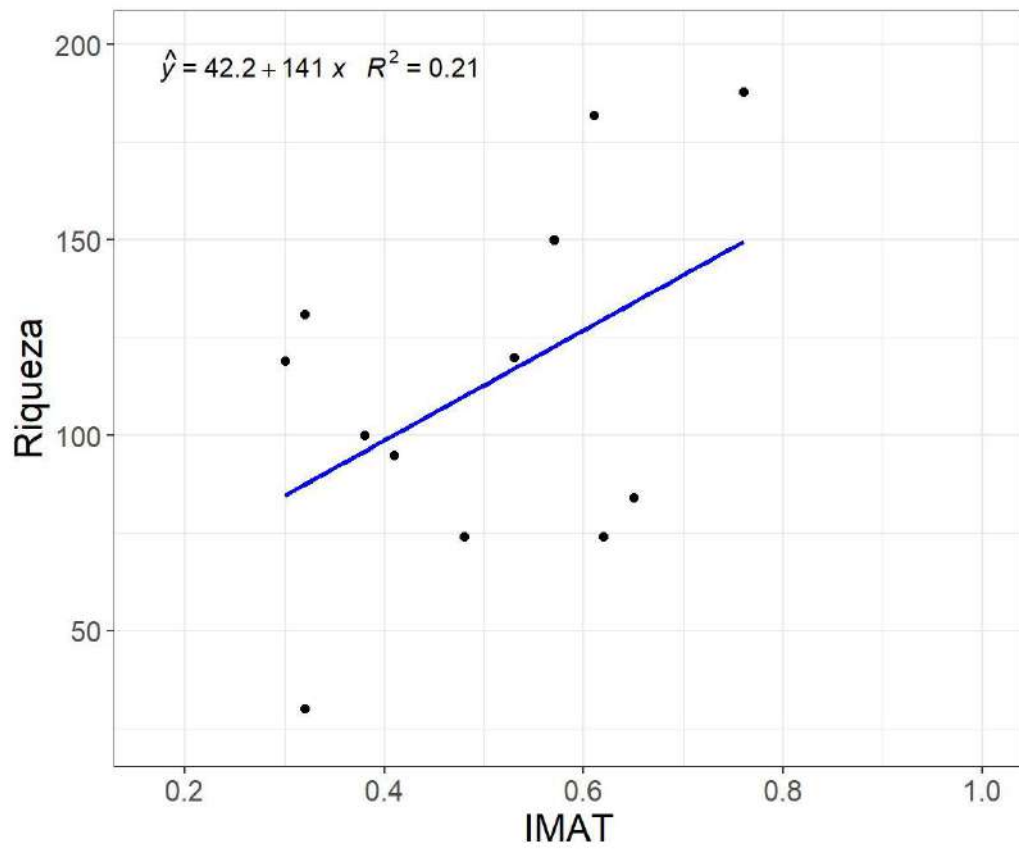
b. Riqueza y Superficie Cultivada de Papa (SCult)



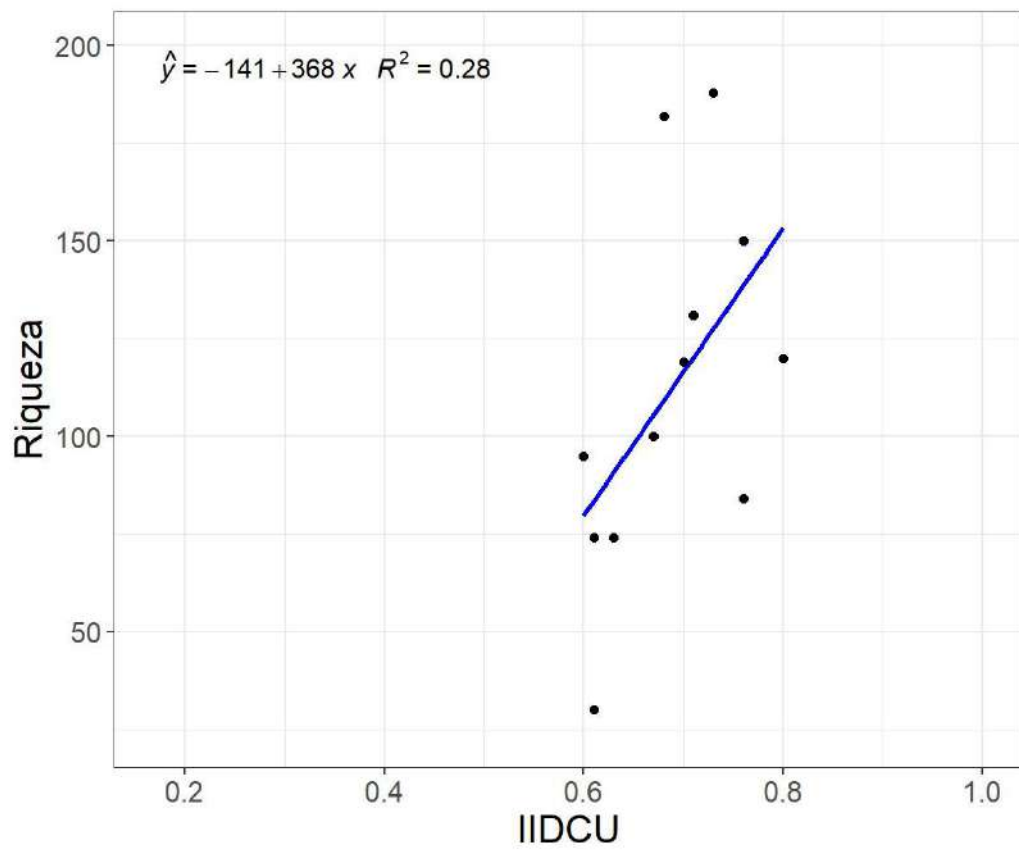
c. Riqueza e IMAT



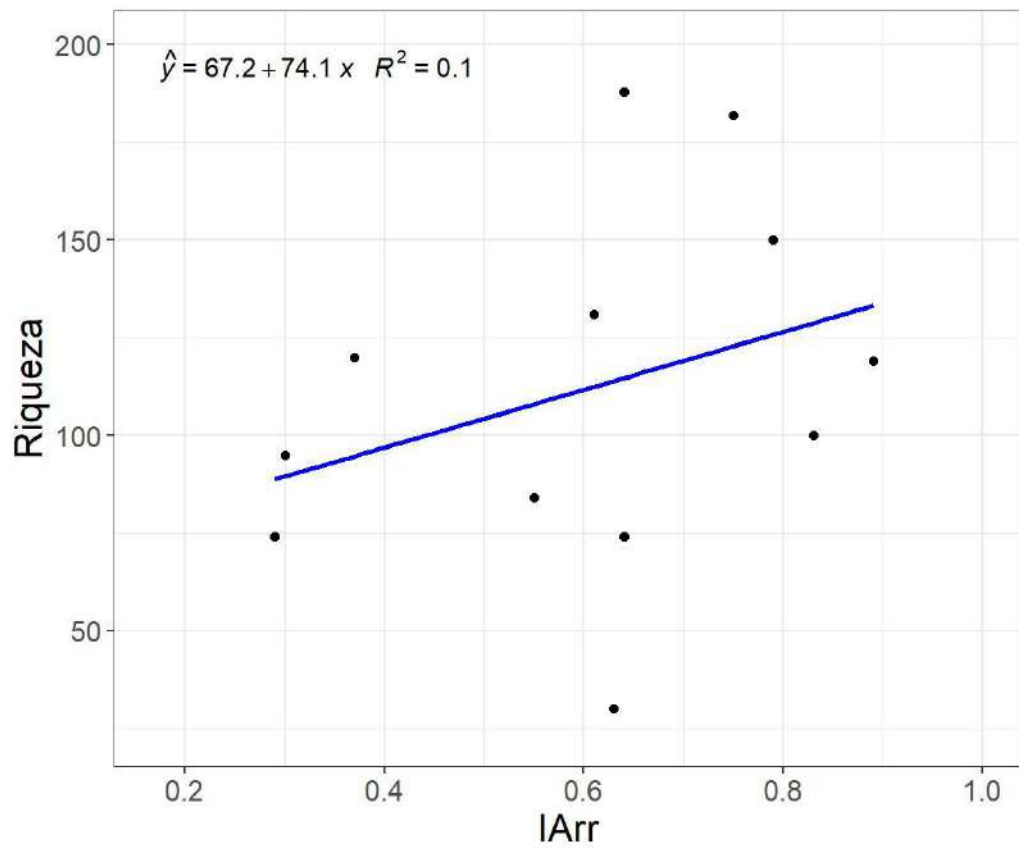
d. Riqueza e IMAT



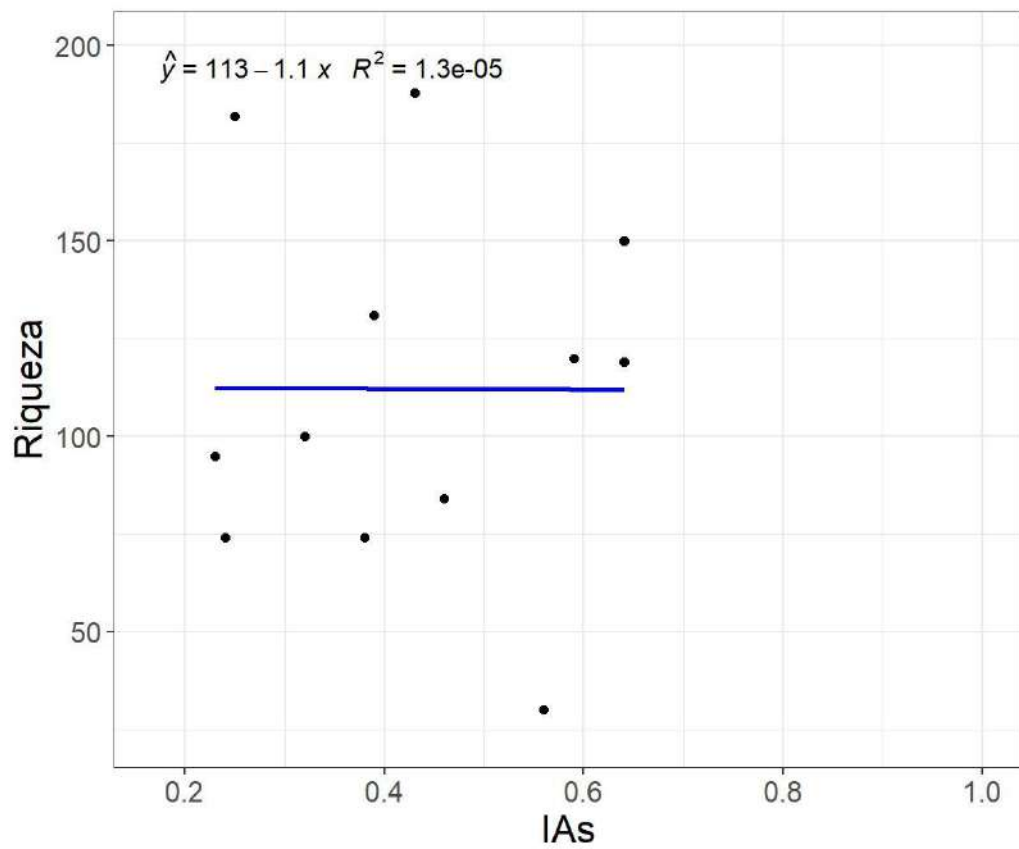
e. Riqueza e IIDCU



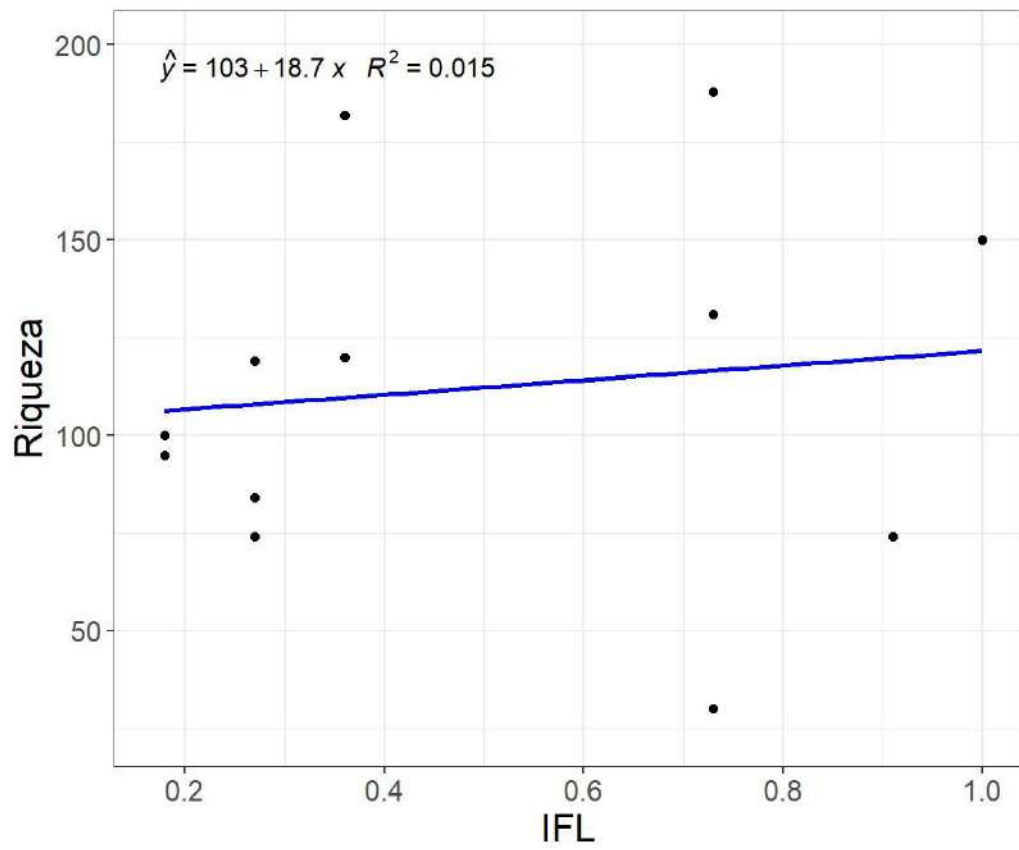
f. Riqueza e IA_{rr}



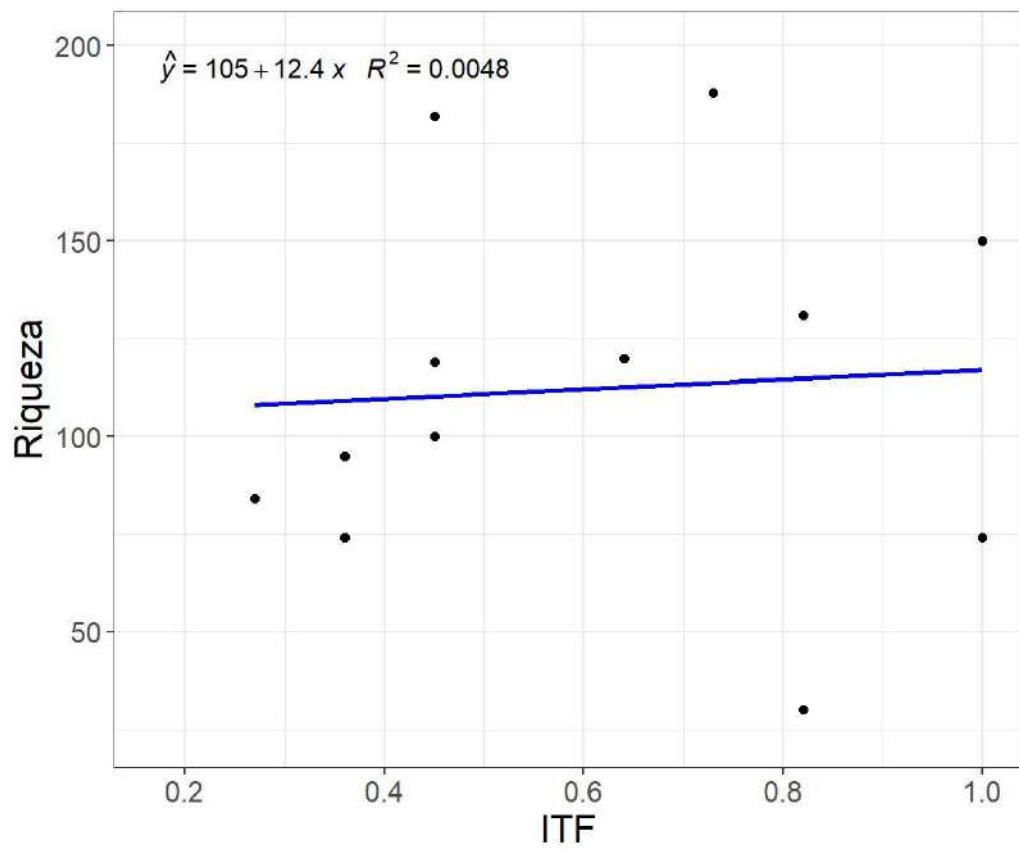
g. Riqueza e IA_s



h. Riqueza e IFL

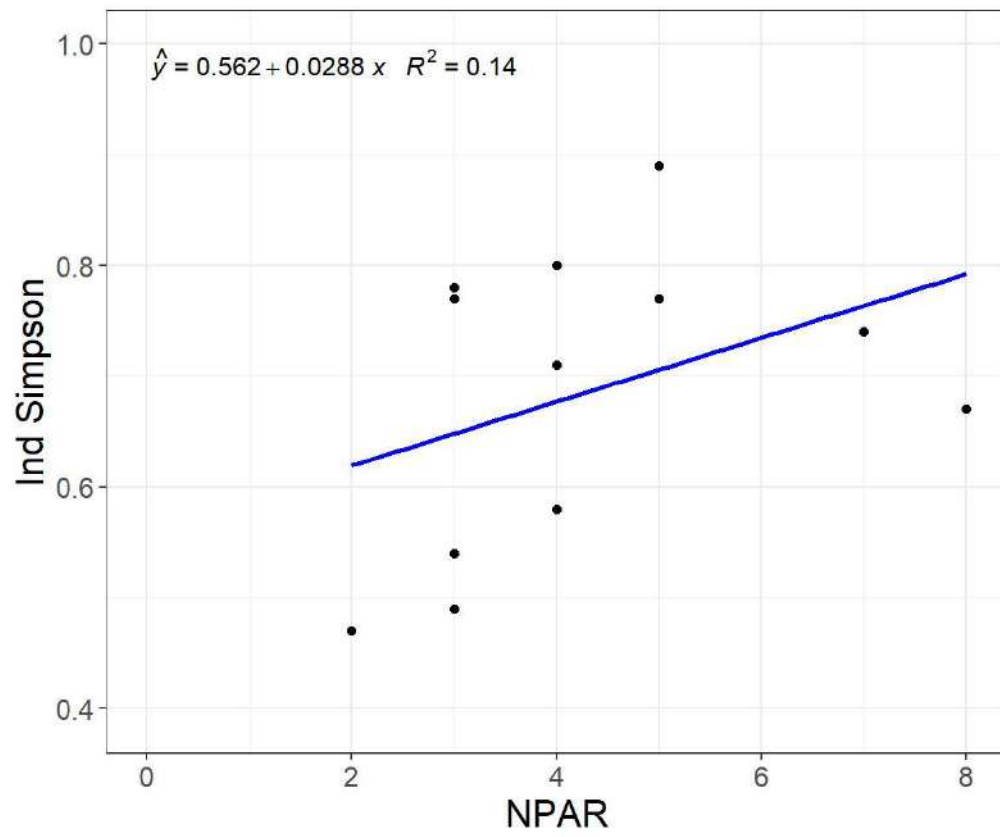


i. Riqueza e ITF

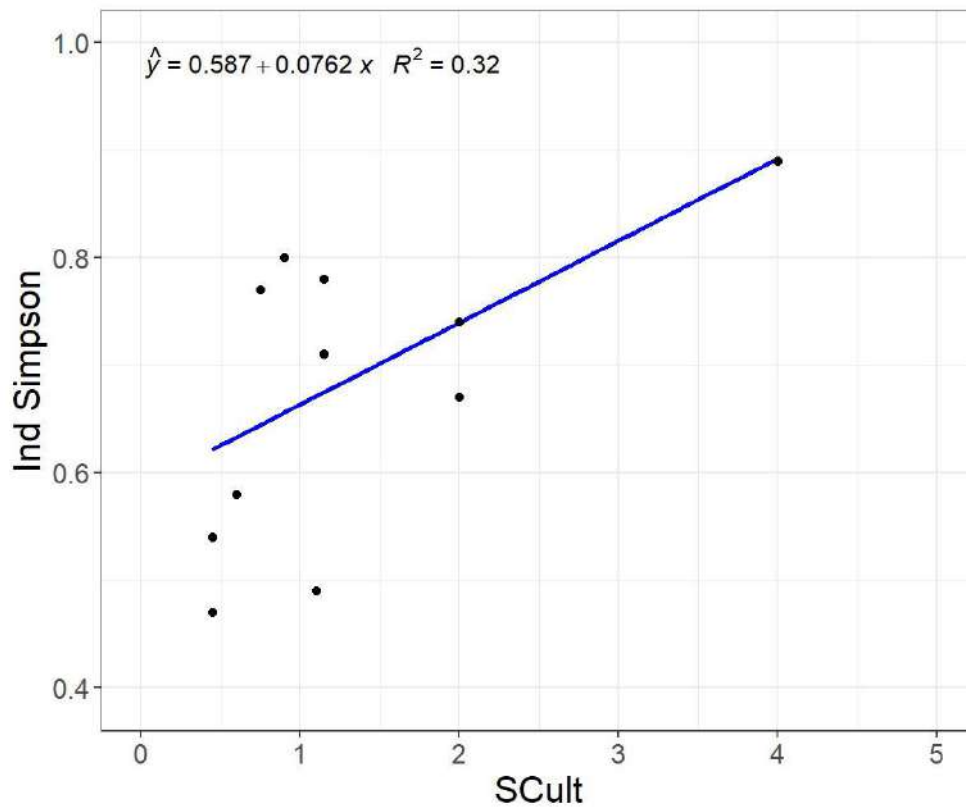


2.2 Índice de Simpson

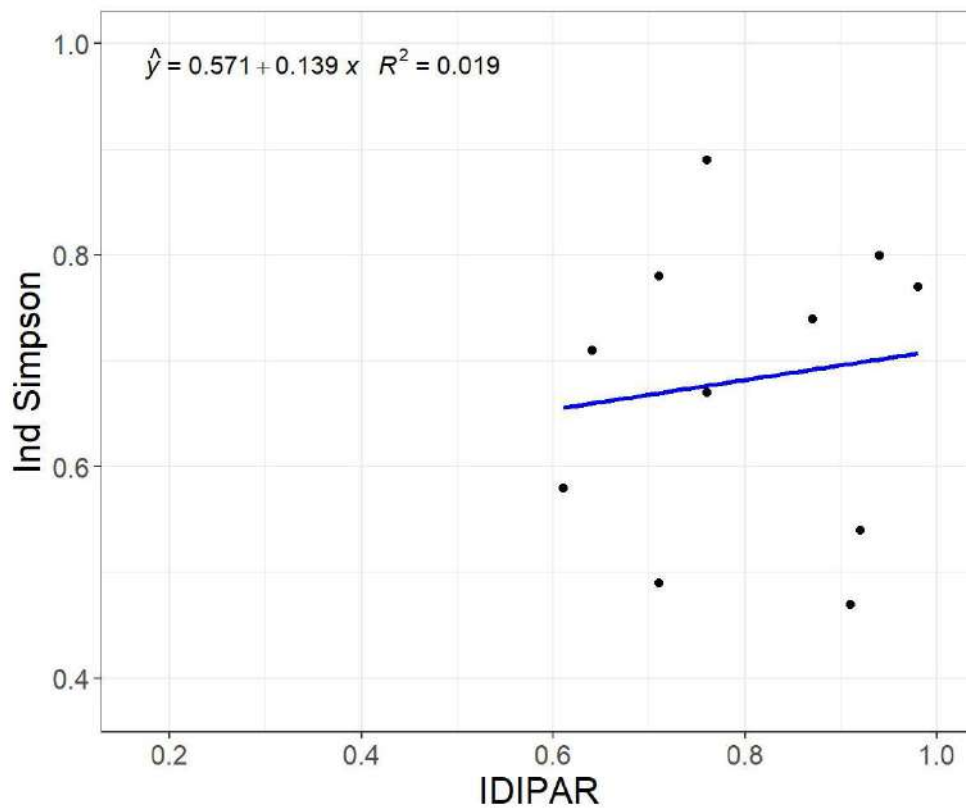
a. Simpson y NPAR



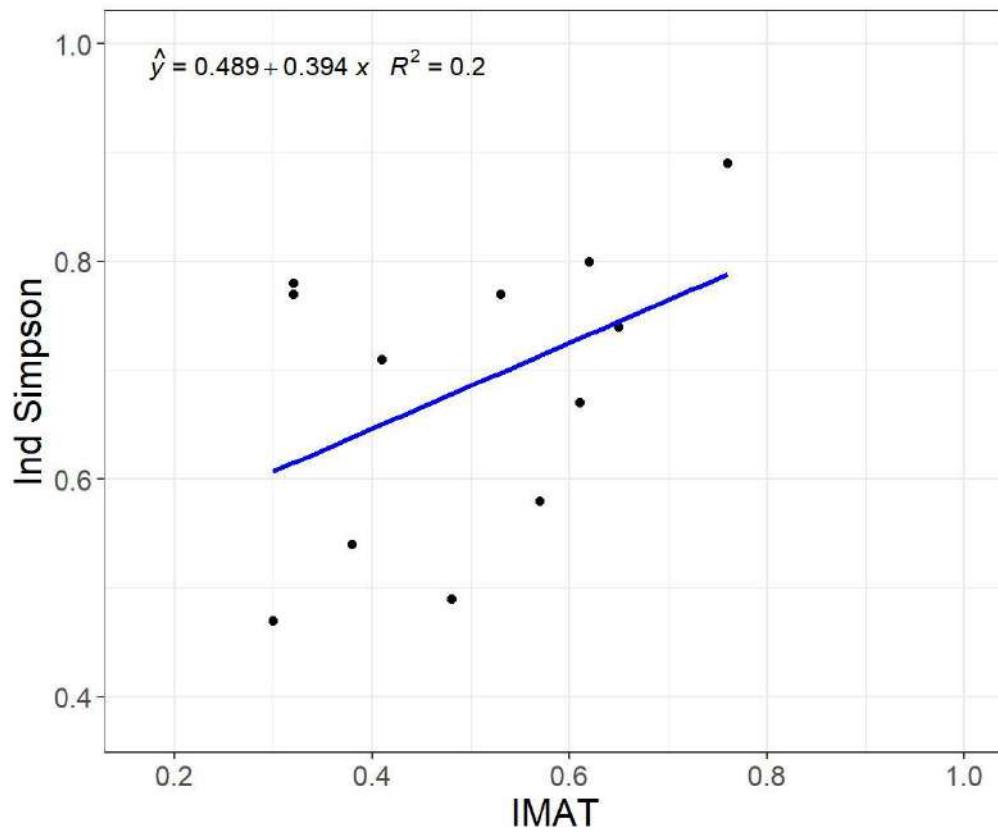
b. Simpson y SCult



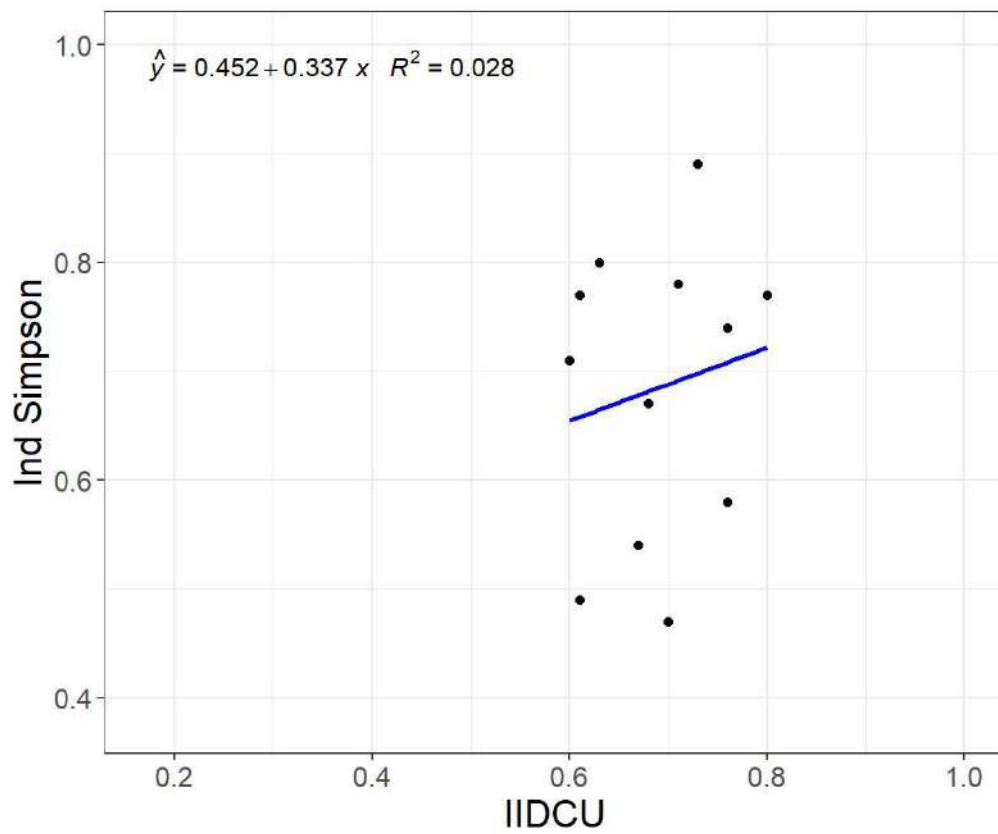
c. Simpson e IDIPAR



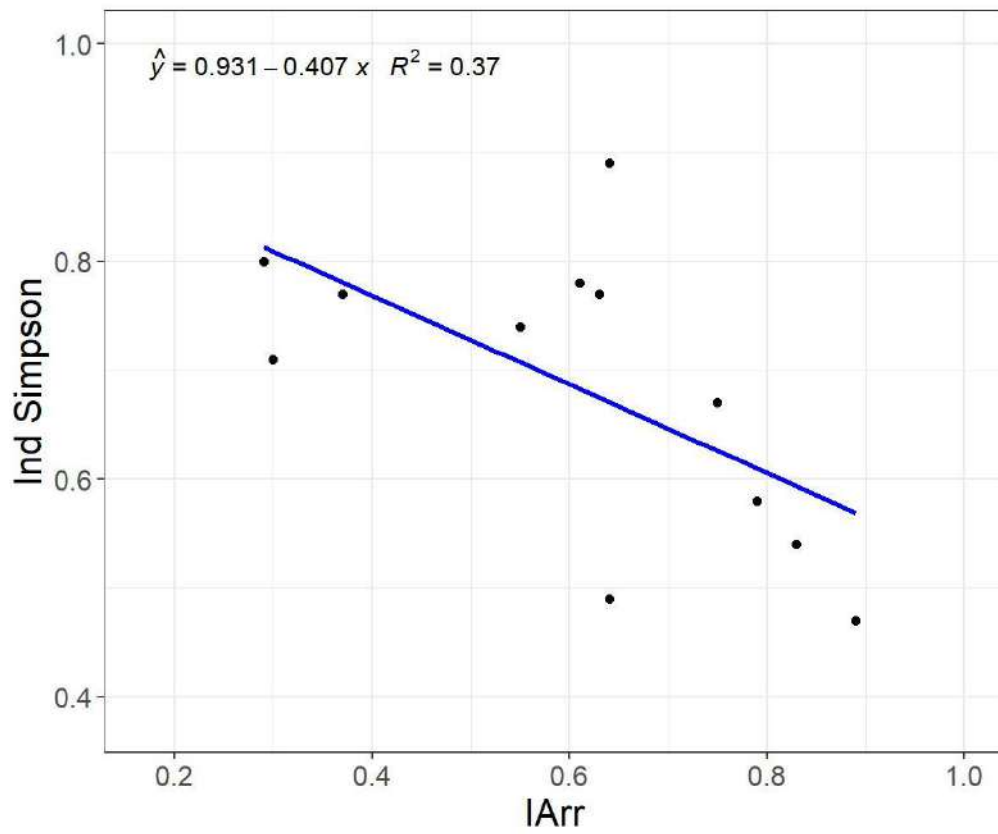
d. Simpson e IMAT



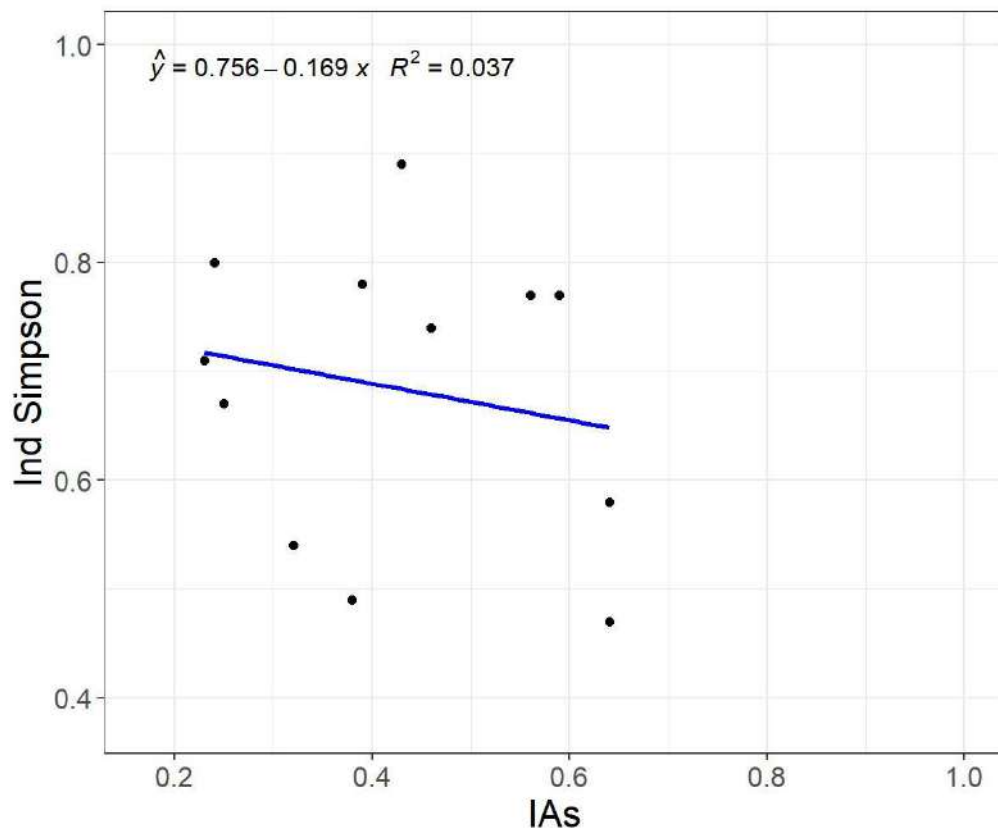
e. Simpson e IIDCU



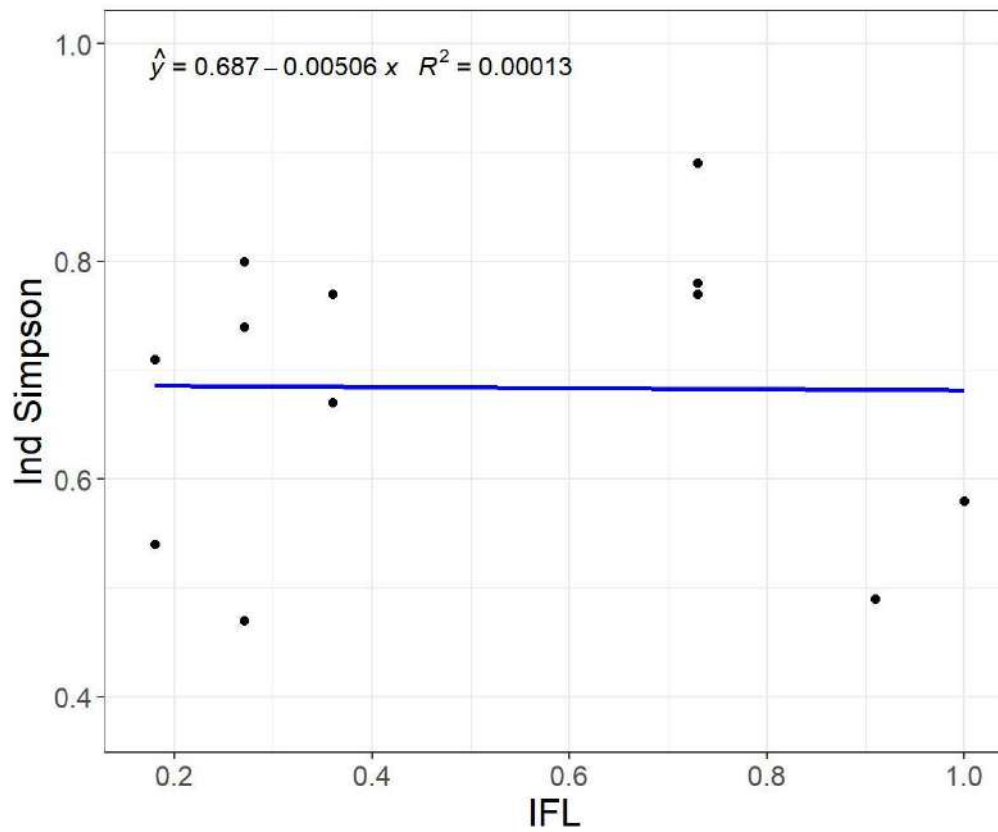
f. Simpson e IArr



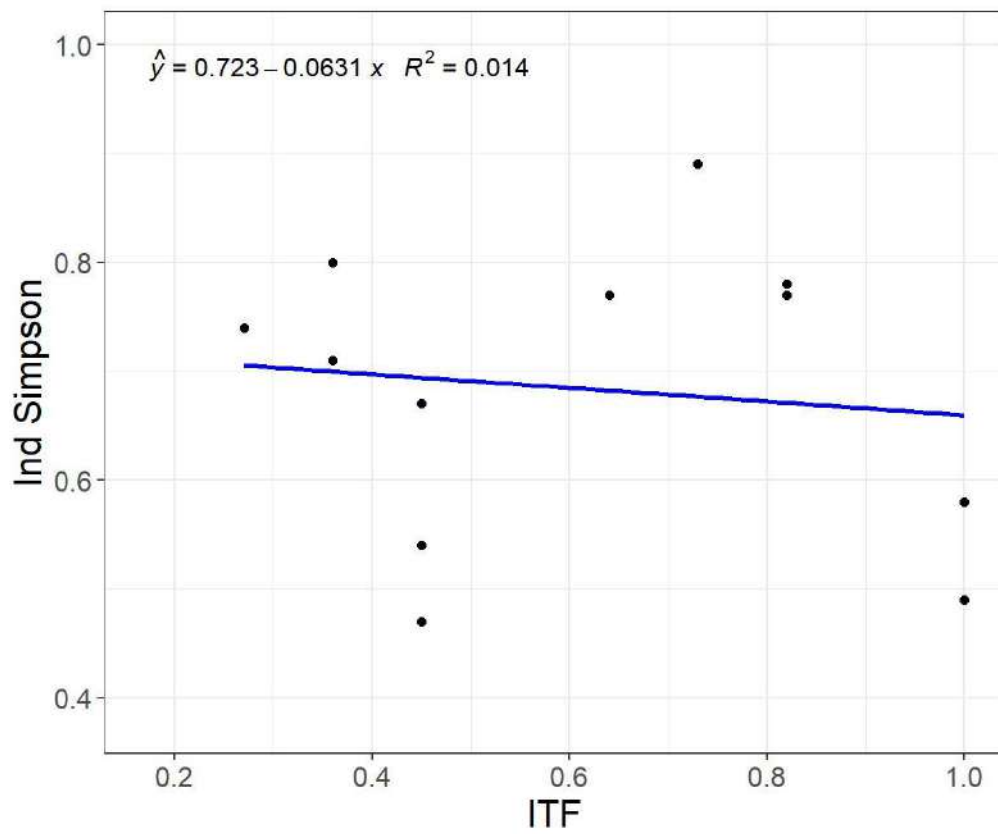
g. Simpson e IAs



h. Simpson e IFL

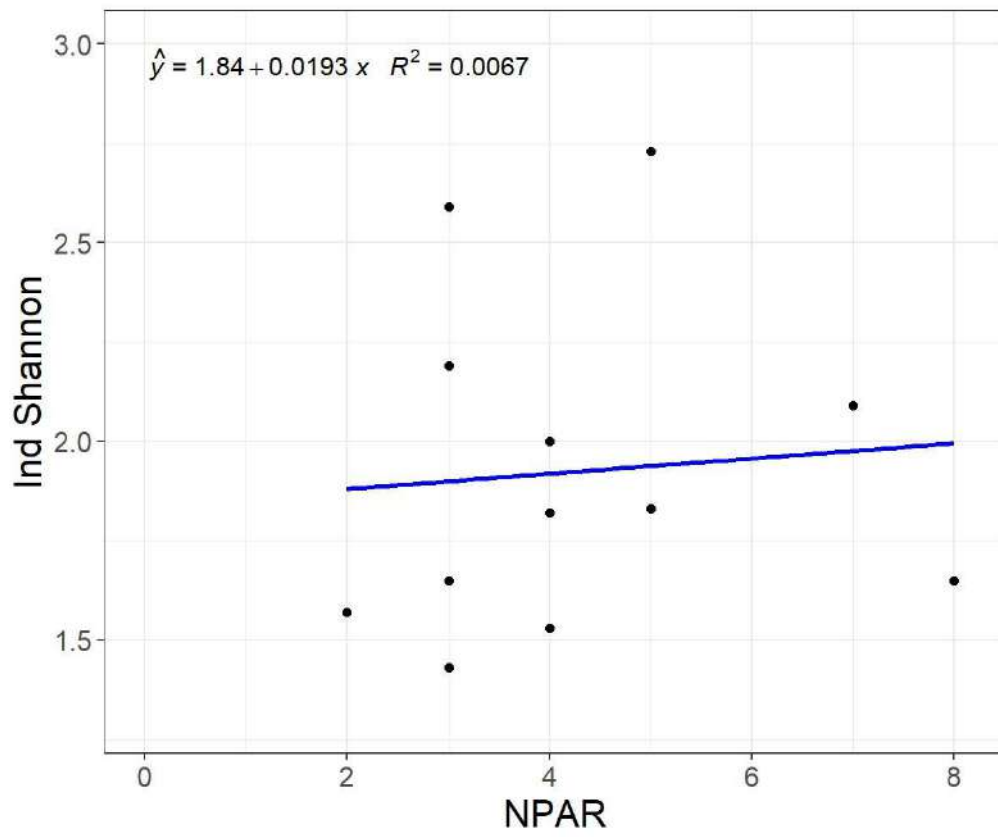


i. Simpson e ITF

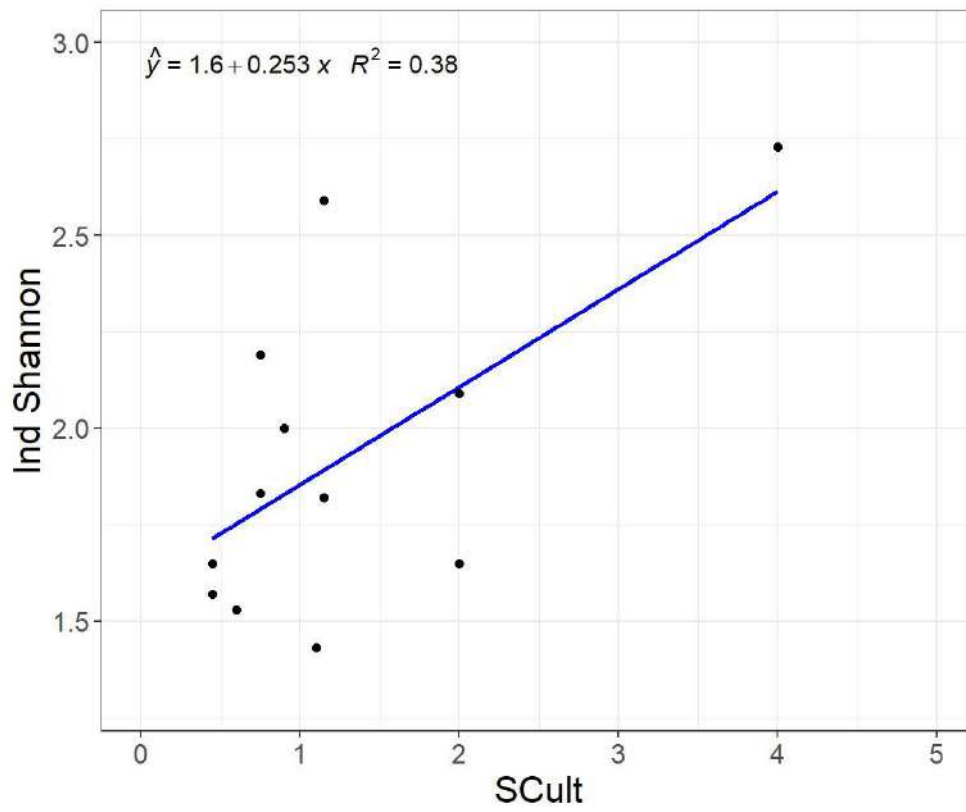


2.3 Índice de Shannon

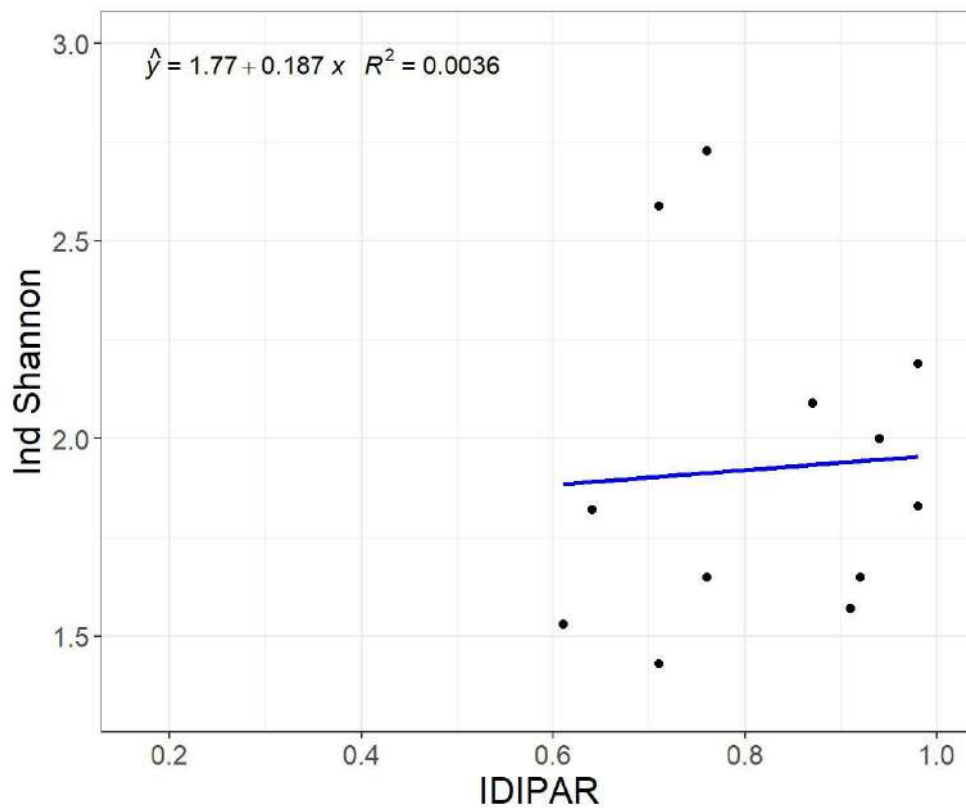
a. Shannon y NPAR



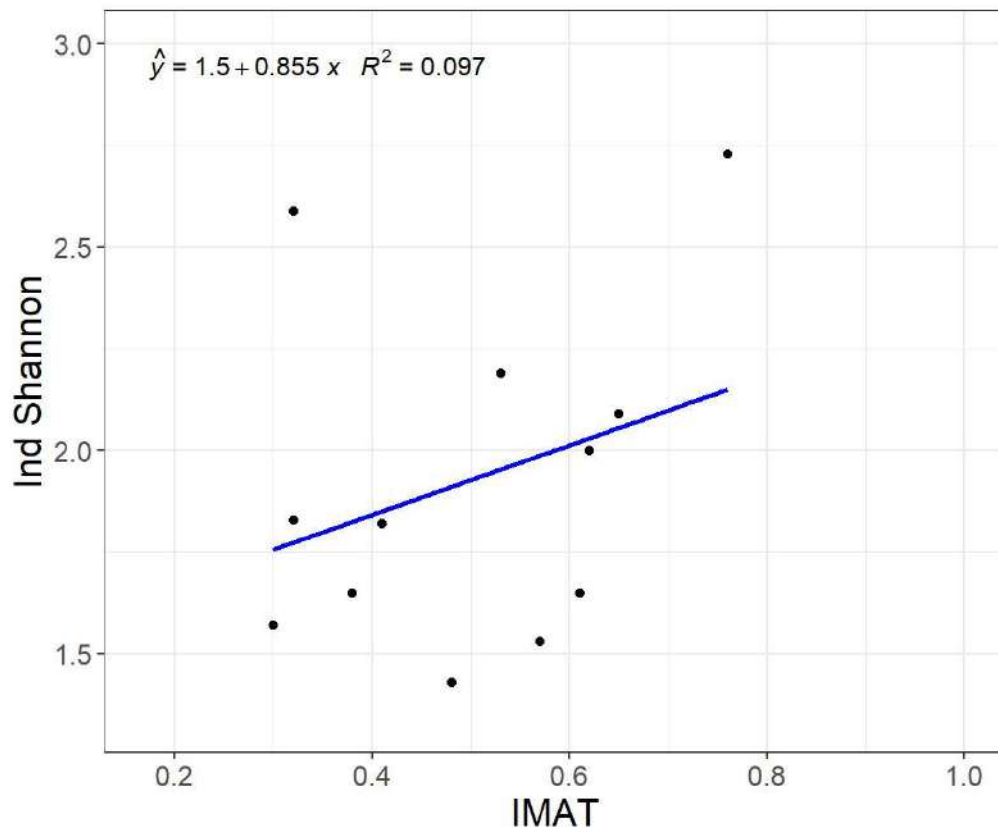
b. Shannon y SCult



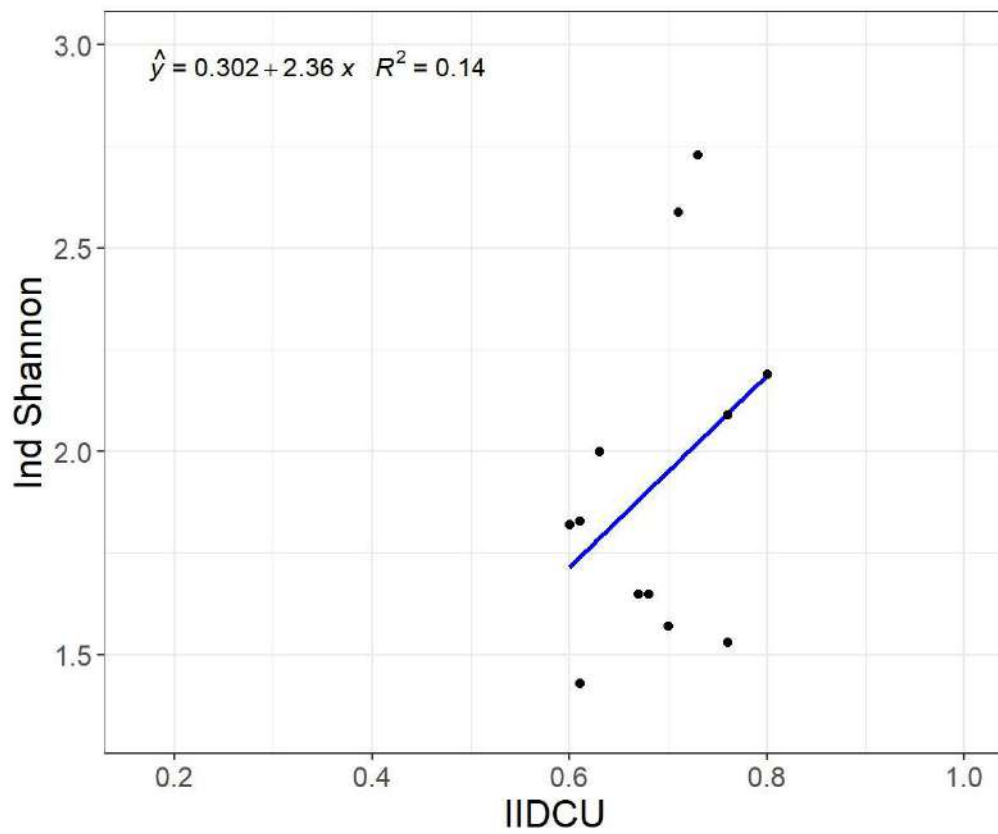
c. Shannon e IDIPAR



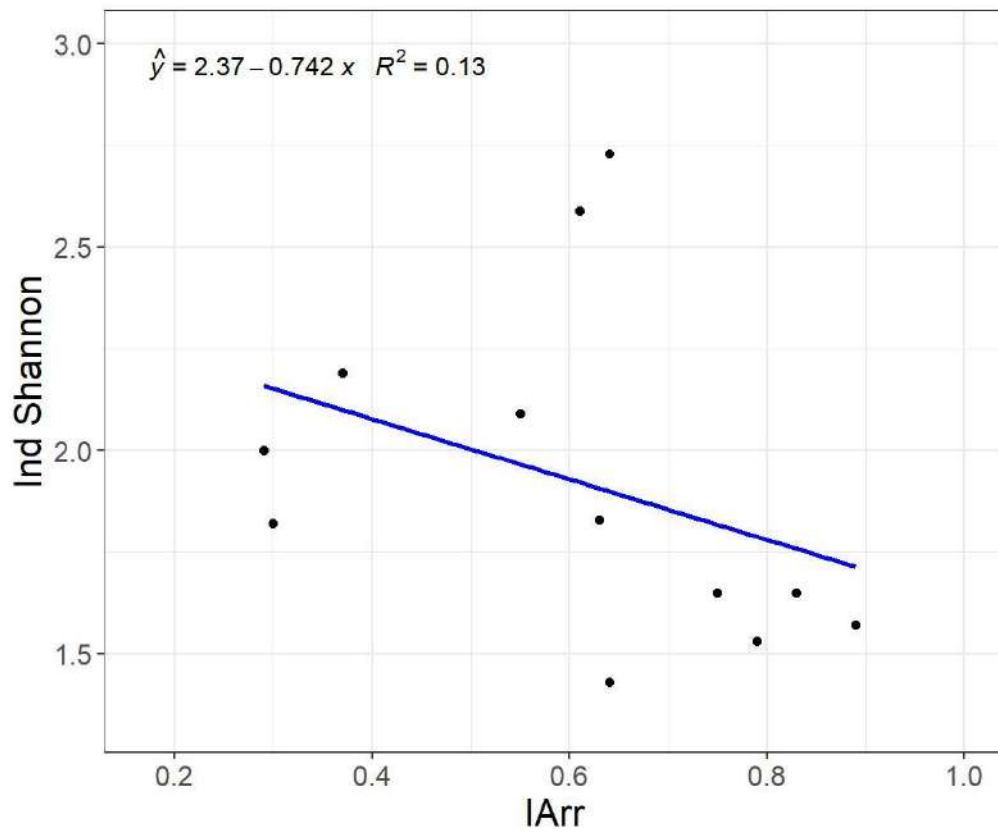
d. Shannon e IMAT



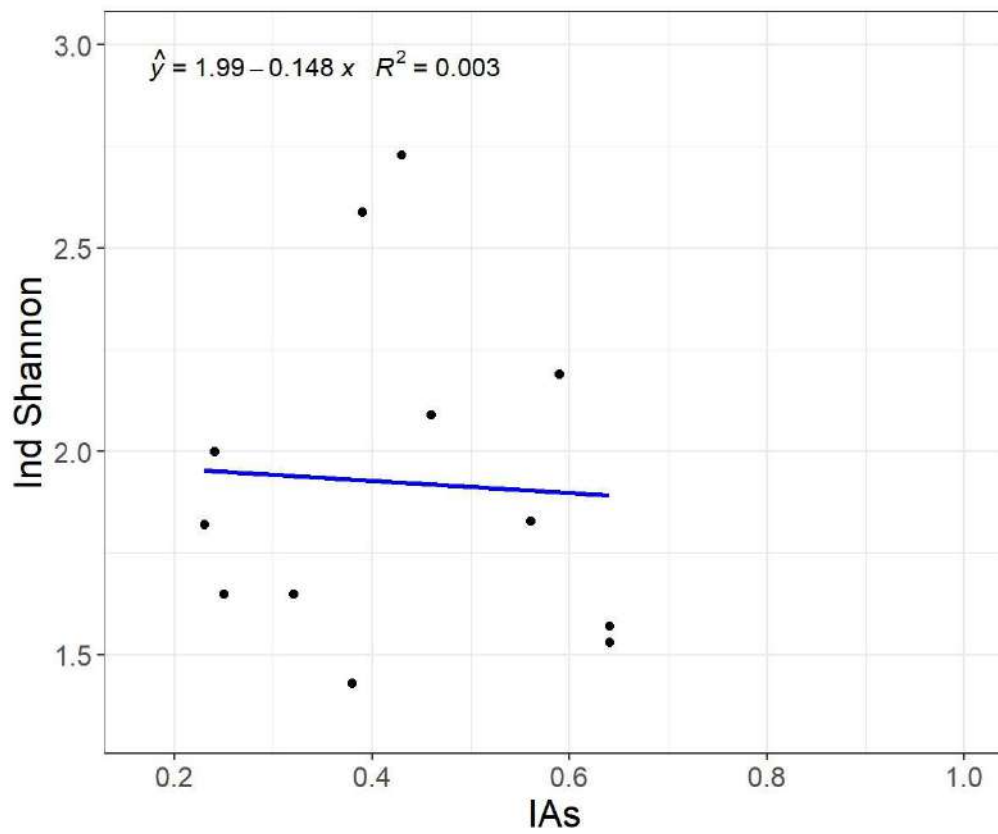
e. Shannon e IIDCU



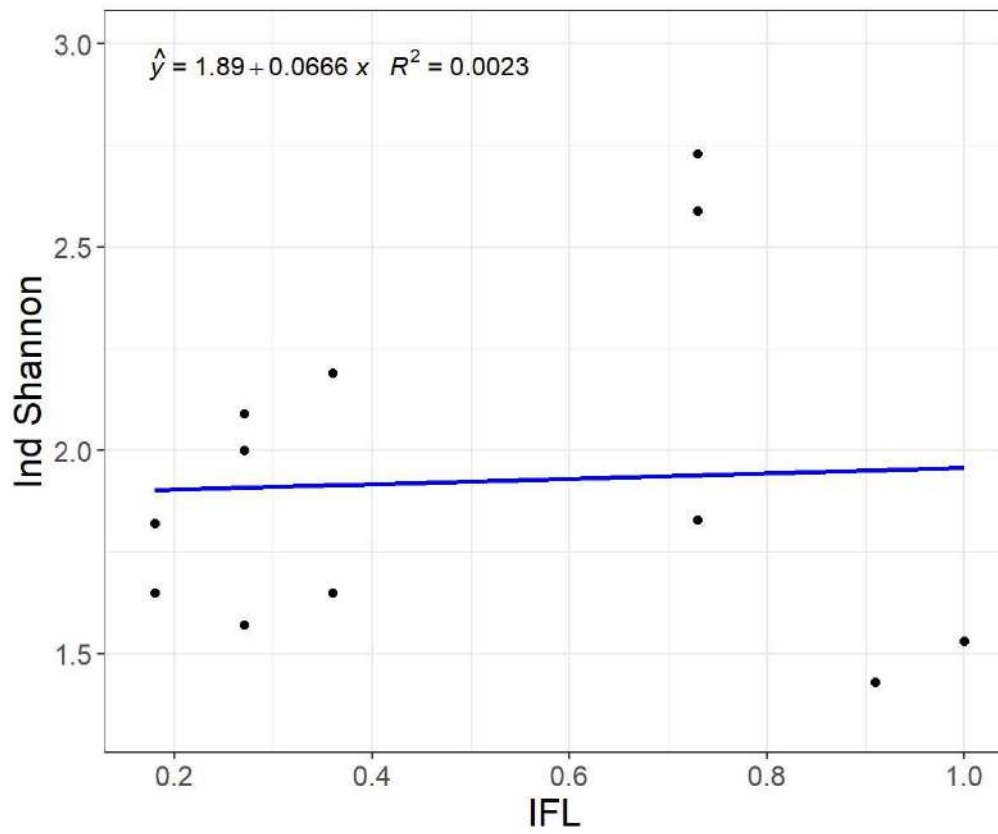
f. Shannon e IArr



g. Shannon e IAs



h. Shannon e IFL



i. Shannon e ITF

