



**Evaluación de productividad de la quinua *Chenopodium quinua* Willd.  
en sistemas agrobiodiversos en tres municipios de Cundinamarca  
Colombia**

Camilo Andrés Alviar Ferro

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias

*Bogotá D.C., Colombia*

2023

Evaluación de productividad de la quinua *Chenopodium quinua* Willd.  
en sistemas agrobiodiversos en tres municipios de Cundinamarca Colombia

Camilo Andrés Alviar Ferro

Tesis presentada como requisito parcial para optar el título de: Doctor en Agroecología

Mauricio García Arboleda, Ing. Agr. M.Sc. Ph.D. Director

Nancy Barrera Marín, Bióloga. M.Sc. Ph.D. Codirectora

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias

Bogotá D.C. Colombia

2023

## Agradecimientos

A toda mi familia especialmente a mi esposa e hijos por su apoyo incondicional y su paciencia.

A mis padres, quienes ya partieron y a mis hermanos, familiares y amigos.

*“La tierra proporciona lo suficiente para satisfacer las necesidades de cada hombre, pero no la codicia de cada hombre”.*

Mahatma Gandhi

## **Agradecimientos**

A Colciencias y a Colfuturo por su apoyo económico para llevar a cabo este proyecto.

Agradecimientos a la Dra. Nancy Barrera Marín, al Dr. Mauricio García Arboleda y al Dr. Gabriel de la Cruz, por su acompañamiento y compromiso.

A la Dra. Andrea González y al Ing. Rafael González por su apoyo.

A los profesores de la Universidad Nacional de Colombia de la Facultad de Ciencias Agrarias Sede Bogotá.

A Alicia Niño, a Cristela Rodríguez y al personal del Centro Agropecuario Marengo lugares donde se implementaron las parcelas investigativas, por su acompañamiento y apoyo.

Al personal administrativo de la Facultad de Ciencias Agrarias sede Bogotá, especialmente al personal de la secretaria académica y al personal de posgrados por su constante colaboración.

## Tabla de Contenido

Lista de figuras	I
Lista de Tablas	II
Resumen	10
Abstract	13
Introducción	17
1. Capítulo 1. Planteamiento del problema	20
1.1 Situación problema	20
1.2 Justificación	21
1.3 Hipotesis	22
1.4 Objetivo General	22
1.5 Objetivos Específicos	22
2. Capítulo 2. Marco Conceptual	23
2.1 Cambio climático y la necesidad de transformar las prácticas de los cultivos.	23
2.2. La Agricultura Familiar Campesina.	24
2.3. La agroecología como ciencia emergente	26
2.4. Agroecosistemas y sostenibilidad	27
2.5. Los sistemas agrobiodiversos y el equilibrio de los agroecosistemas	28
2.6. La agroecología y los agroecosistemas desde la perspectiva integral social, económica y política.	30
2.7. La agroecología desde el aspecto de la revalorización de los saberes y las técnicas tradicionales del cultivo de la quinua	32
2.8. La quinua bajo el sistema de producción de la familia campesina tradicional - Estudios de caso.	33
2.8.1. Estudio de Caso en Argentina	34
2.8.2. Estudio de caso en Colombia, Departamento del Cauca.	35
2.9. Principios agroecológicos para el manejo de las enfermedades de los cultivos.	36
2.10. De la extensión a la comunicación	38
2.11. La IAP como metodología de Investigación- Acción Participativa	39
2.11.1. Las Etapas de la IAP	40
2.11.1.1 Etapa 1. Preflexión	40
2.11.1.2 Etapa 2: Diagnóstico participativo	40
2.11.1.3 Etapa 3: Formulación de estrategias de intervención.	40
2.11.1.4 Etapa 4: Ejecución.	41
2.11.2. El Análisis de correspondencia múltiple (ACM) como herramienta para analizar la información obtenida.	41
2.12. La Quinua	42
2.12.1. Importancia de la quinua	42
2.12.2. Origen y distribución	43
2.12.3. Aspectos nutricionales y usos de la quinua.	44
2.12.4. Variedades de la quinua en Colombia	45
2.12.5. Usos de la quinua en la alimentación animal	46
2.12.6. El Mildeo ( <i>Peronospora variabilis</i> Gäum) enfermedad limitante de la Quinua	49
2.12.7. Insumos fitosanitarios utilizados por los cultivadores de la quinua	50
2.13. Importancia de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) y del haba ( <i>Vicia faba</i> L.) en la zona andina de Colombia.	53
2.13.1. Las papas nativas ( <i>Solanum tuberosum</i> L.)	54
2.13.2. Impacto del cultivo del Haba ( <i>Vicia faba</i> L.) en los Andes	57
3. Capítulo 3. Metodología	58
3.1 Ubicación de las parcelas experimentales	58
3.1.1. Tipificación de los productores en los municipios Guasca y Carmen de Carupa y correlaciones.	59
3.1.2. Correlaciones entre variables seleccionadas de las dimensiones social, económica y ambiental, para complementar la tipificación de los productores de quinua	63
3.1.2.1. Selección de las variables	63
3.1.2.2. Variables seleccionadas de las dimensiones social y económica en Guasca y en Carmen de Carupa	63
3.1.2.3. Variables seleccionadas de las dimensiones ambiental y social en Guasca y en Carmen de Carupa	64
3.1.2.4. Variables seleccionadas de las dimensiones económica y ambiental en Guasca y en Carmen de Carupa	64
3.2. Evaluación de las variables del desarrollo y productividad de la quinua, <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., variedad "Blanca de Jericó" asociada a diferentes cultivos y de la incidencia del mildeo.	65
Diseño de las parcelas experimentales.	66

3.2.1	Análisis de la productividad de la quinua en granos y biomasa total en las tres parcelas: Marengo, Guasca y Carmen de Carupa	70
3.2.1.1.	Parcela de Marengo	70
3.2.1.2.	Parcela de Guasca	70
3.2.1.3.	Parcela de Carmen de Carupa	70
3.2.2.	Análisis correlacional entre las variables de crecimiento y producción de quinua en las parcelas de Marengo y Guasca	70
3.2.3.	Determinación del efecto de los cultivos internos y externos en algunas variables de desarrollo y productividad de la quinua en las tres parcelas Marengo, Guasca y Carmen de Carupa.	71
3.2.4.	Evaluación de la productividad total o integral de las parcelas determinadas por las variables seleccionadas de la quinua + la biomasa de los cultivos asociados.	73
3.2.4.1.	Productividad total de los tratamientos, determinados por la variable: peso de panoja biomasa útil (semillas) de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T2.	74
3.2.4.2.	Productividad total determinada por variable evaluada: peso total de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T2.	74
3.2.4.3.	Productividad total determinado por la variable evaluada: peso de las panojas sin hojas de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T1.	75
3.2.5.	Análisis del efecto de los cultivos internos y externos en el desarrollo y productividad de la quinua y pruebas de	75
3.2.5.1.	Pruebas de combinaciones múltiples de medias para la papa y caléndula en relación con los cultivos asociados en Marengo	75
3.2.5.2.	Pruebas de combinaciones múltiples de medias para haba y caléndula en relación con los cultivos asociados en Guasca	76
3.2.5.3.	Promedios de producción para el cultivo de caléndula, <i>Caléndula officinalis</i> L en relación con los cultivos externos (haba)	76
3.2.6.	Evaluación de la población de lombrices en las parcelas (Anexo complementario)	76
3.2.6.1.	Muestreo de lombrices	76
3.3.	Evaluación de la productividad total o integral de las parcelas determinada por las variables seleccionadas de la quinua + la biomasa de los cultivos asociados.	77
3.3.1.	Productividad total de los tratamientos, determinados por la variable: peso de panoja biomasa útil (semillas) de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T2.	77
3.3.2.	Productividad total determinada por variable evaluada: peso total de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T2.	78
3.3.3.	Productividad total determinado por la variable evaluada: peso de las panojas sin hojas de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T1.	78
3.4.	combinaciones múltiples.	78
3.4.1.	Pruebas de combinaciones múltiples de medias para la papa y caléndula en relación con los cultivos asociados en Marengo	78
3.4.2.	Pruebas de combinaciones múltiples de medias para haba y caléndula en relación con los cultivos asociados en Guasca	78
3.4.3.	papa <i>Solanum tuberosum</i> L y caléndula <i>Caléndula officinalis</i> L. asociados en Carmen de Carupa	78
4.	Capítulo 4. Resultados	78
4.1.	Tipificación de los agricultores y correlaciones.	78
4.1.1.	Resultados de la tipificación de los productores de quinua en los municipios de Guasca y Carmen de Carupa	78
4.1.2.	Análisis de correlaciones entre las dimensiones evaluadas	79
4.1.2.1.	Análisis de correlaciones de las dimensiones social, económica y ambiental	79
4.1.2.2.	Análisis de correlación para variables de las dimensiones social y económica	80
4.1.2.3.	Análisis de correlación para variables de las dimensiones ambiental y social. 4.1.2.3.1 Primer Análisis	82
4.1.2.3.	Análisis de correlación para variables de las dimensiones ambiental y social. 4.1.2.3.2. Segundo Análisis	83
4.1.2.4.	Análisis de correlación para variables de las dimensiones económica y ambiental.	84
4.2.	Resultados de las variables del desarrollo y productividad de la quinua, <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., variedad "Blanca de Jericó" asociada a diferentes cultivos y de la incidencia del mildew.	85
4.2.1.	Análisis de la productividad de la quinua en granos y biomasa total en las tres parcelas: Marengo, Guasca y Carmen de Carupa	88
4.2.1.1.	Parcela de Marengo.	88
4.2.1.2.	Parcela de Guasca.	89
4.2.1.3.	Parcela de Carmen de Carupa	89
4.2.2.	Análisis correlacional entre las variables de crecimiento y producción de quinua en las parcelas de Marengo y Guasca	90
4.2.3.	Análisis del efecto de los cultivos internos y externos sobre algunas variables de desarrollo y productividad de la quinua en las tres parcelas Marengo, Guasca y Carmen de Carupa.	91
4.2.3.1.	Variables evaluadas en Marengo: número de hojas por planta y altura de la planta e incidencia del mildew.	92
4.2.3.2.	Variables evaluadas en Marengo en T1: peso de panojas sin hojas y el peso total de la quinua.	93

4.2.3.3	Variables evaluadas en Marengo T2: número de panojas por planta, peso panoja biomasa útil (semillas), peso total quinua, en relación con los cultivos asociados	94
4.2.3.4.	Variables de crecimiento y desarrollo de la quinua en relación con los cultivos asociados en Guasca T1: número de h	95
4.2.3.5.	Resultados de la evaluación de la incidencia del mildew causado por <i>Peronospora variabilis</i> Gäum.	96
4.2.3.6.	Variables de crecimiento y desarrollo de la quinua en relación con los cultivos asociados en Guasca T1: peso de panojas sin hojas, peso panoja biomasa útil (semillas) y el peso total de la quinua.	97
4.2.3.7.	Variables de crecimiento y desarrollo de la quinua en relación con los cultivos asociados en Guasca T2: número de panojas por planta, peso panoja biomasa útil (semillas), peso total quinua.	98
4.2.3.8.	Variables de crecimiento y desarrollo de la quinua en relación con los cultivos asociados en Carmen de Carupa T1: altura promedio de las plantas, número de plantas por surco, incidencia del mildew y peso total de la quinua.	100
4.3.	Evaluación de la productividad total o integral de las parcelas determinada por las variables seleccionadas de la quinua + la biomasa de los cultivos asociados.	102
4.3.1.	Productividad total de los tratamientos, determinados por la variable: peso de panoja biomasa útil (semillas) de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T2.	103
4.3.2.	Productividad total determinada por variable evaluada: peso total de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T2.	104
4.3.3	Productividad total determinado por la variable evaluada: peso de las panojas sin hojas de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T1.	105
4.4.	Análisis del efecto de los cultivos internos y externos en el desarrollo y productividad de la quinua y pruebas de combinaciones múltiples.	107
4.4.1.	Pruebas de combinaciones múltiples de medias para la papa <i>Solanum tuberosum</i> L y caléndula <i>Calendula officinalis</i> L.en relación con los cultivos asociados en Marengo T2.	107
4.4.2.	Guasca.	108
4.4.3.	Promedios de producción para el cultivo de caléndula, <i>Calendula officinalis</i> L. en relación con los cultivos externos haba <i>Vicia faba</i> L y papa, <i>Solanum tuberosum</i> L. asociados en Carmen de Carupa.	109
5.	Capítulo 5. Discusión.	110
5.1.	Discusión sobre los resultados de la tipificación de los productores de quinua de los municipios de Guasca y Carmen de Carupa.	110
5.2.	Discusión de las variables del desarrollo y productividad de la quinua, <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.variedad "Blanca de Jericó" asociada a diferentes cultivos.	111
5.3.	Discusión general sobre de la productividad total o integral de las parcelas determinada por la variableseleccionada, peso total de la quinua + la biomasa de los cultivos asociados, en los diferentes tratamientos	112
5.4.	Discusión sobre el efecto de los cultivos internos y externos sobre la productividad total de la quinua y pruebas de combinaciones múltiples.	114
5.5.	Discusión sobre los cultivos asociados, el almacenamiento de carbono y la mitigación del cambio climático.	116
5.6.	Discusión sobre la quinua <i>Chenopodium quinoa</i> Willd, el haba <i>Vicia faba</i> L y la papa, <i>Solanum tuberosum</i> L. desde las dimensiones ambiental, social, económica y cultural	118
5.7.	Discusión sobre la incidencia del mildew causado por <i>Peronospora variabilis</i> Gäum.	119
6.	Capítulo 6. Conclusiones	122
	Reflexiones finales	124
	Referencias	125
	Anexos	144

## Lista de figuras

Figura 1. Distribución de la quinua y de las especies asociadas en cada tratamiento .....	68
Figura 2. Distribución de los tratamientos o subparcelas en cada una de las parcelas .....	69
Figura 3. Muestreo de lombrices .....	77
Figura 4. Biplot para las variables de la dimensión social (3 variables) y de la dimensión económica (5 variables).....	821
Figura 5. Biplot para las variables de la dimensión ambiental y de la dimensión social (1er. Análisis)	842
Figura 6. Biplot para las variables de la dimensión ambiental y social (2do. Análisis) .....	853
Figura 7. Biplot para variables de la dimensión ambiental (5) y de la dimensión económica (4) .....	864
Figura 8. Diagramas de cajas de la productividad de quinua en granos y biomasa total en la parcela de Marengo.....	890
Figura 9. Diagramas de cajas de la productividad de quinua en granos.....	891
Figura 10. Matriz de correlaciones entre las variables de crecimiento y producción de quinua en Marengo y Guasca.....	920
Figura 11. Perfiles entre variables del crecimiento y desarrollo de la quinua (Número de hojas por planta, altura de las plantas, hojas afectadas por mildew) en relación con los cultivos asociados en Marengo.....	942
Figura 12. Análisis de perfiles entre variables del crecimiento y desarrollo de la quinua (peso de las panojas sin hojas y peso completo de la planta de quinua), en relación con los cultivos asociados en Marengo T1.....	953
Figura 13. Análisis de perfiles entre variables del crecimiento y desarrollo de la quinua: número de panojas por planta, peso panoja biomasa útil (semillas), peso total quinua, en relación con los cultivos asociados en Marengo (T2).....	975
Figura 14. Análisis entre variables del crecimiento y desarrollo de la quinua: número de hojas por planta, hojas afectadas por mildew, en relación con los cultivos asociados en Guasca T1. ....	96
Figura 15. Análisis de perfiles para la producción de quinua: número de panojas por planta, peso panoja biomasa útil (semillas), peso total de la quinua, en relación de los cultivos asociados en Guasca (T2).....	101



## Lista de tablas

Tabla 1. Comparación de aminoácidos contenidos en el grano de quinua, con otros alimentos (mg de aminoácidos /g de proteína).....	45
Tabla 2. Variedades de quinua en Colombia. ....	46
Tabla 3. Variables de las dimensiones social, económica y ambiental para la tipificación .....	60
Tabla 4. Características agroclimáticas de los tres municipios en los cuales se establecieron las parcelas de investigación. ....	66
Tabla 5. Datos estadísticos descriptivos para las variables de productividad y desarrollo de la quinua <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., variedad “Blanca de Jericó” asociada con otros cultivos en cada una de las parcelas experimentales.....	86
Tabla 6. Análisis de perfiles entre variables de crecimiento y desarrollo de la quinua (peso panojas sin hojas, promedio peso completo de quinua), en relación con los cultivos asociados en Marengo (T1). ....	
Tabla 7. Análisis de perfiles entre variables del crecimiento y desarrollo de la quinua: número de panojas por planta, peso panoja biomasa útil (semillas), peso total quinua en relación con los cultivos asociados en Marengo (T2).....	96
Tabla 8. Análisis de perfiles para la producción de quinua: peso de las panojas sin hojas peso panoja biomasa útil (semillas), peso total de la quinua, en relación de los cultivos asociados en Guasca (T1).98	
Tabla 9. Análisis de perfiles para la producción de quinua: número de panojas por planta, peso panoja biomasa útil (semillas), peso total de la quinua, en relación de los cultivos asociados en Guasca (T2) 100	
Tabla 10. Promedios de crecimiento y producción por cultivo de quinua en relación con cultivos asociados en Carmen de Carupa T1 .....	1031
Tabla 11. Productividad total de los tratamientos, determinados por la variable de quinua evaluada, peso panoja biomasa útil (semillas) + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno. Marengo T2.....	105
Tabla 12. Productividad total de los tratamientos determinados por la variable evaluada: peso biomasa total de la quinua + peso del cultivo externo + peso del cultivo interno. Marengo T2. ....	1064
Tabla 13. Productividad total determinado por la variable de quinua evaluada: el peso de la panoja sin hojas + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno. Marengo T1 .....	1076
Tabla 14. Promedios de producción para los cultivos de haba y caléndula en Guasca en relación de los cultivos asociados. ....	11007
Tabla 15. Promedios de producción para el cultivo de caléndula, <i>Calendula officinalis</i> L. en relación con el cultivo externo asociados en Carmen de Carupa. ....	108

## Resumen

En el presente trabajo se evaluó el desarrollo y la productividad de una variedad de quinua, *Chenopodium quinoa* Willd. variedad “Blanca de Jericó” asociada a diferentes cultivos. Se realizó una evaluación preliminar de la incidencia del mildew en la quinua, enfermedad causada por *Peronospora variabilis* Gäum. y se evaluó la productividad total de las tres parcelas experimentales.

El estudio se llevó a cabo en tres localidades, del departamento de Cundinamarca Colombia. En cada localidad se estableció una parcela. La parcela de referencia se ubicó en el Centro Agropecuario Marengo(CAM) de la Universidad Nacional de Colombia (municipio de Mosquera) y las otras dos se ubicaron en Guasca y Carmen de Carupa. Estos municipios se seleccionaron por sus condiciones agroecológicas y por su tradición y cultura de siembra de la quinua y de los cultivos que se asocian, además porque son zonas de fácil acceso y con condiciones sociales y de orden público, que permitieron estar al frente de los ensayos.

Se hizo la tipificación de los agricultores de los municipios de Guasca y Carmen de Carupa para lo cual se seleccionaron predios a cuyos dueños o administradores, se les aplicó una encuesta que tuvo como objetivo conocer su percepción en relación a variables agroecológicas: social, económica y ambiental. La condición para la aplicación de la encuesta era que el productor del predio estuviera activo, es decir que tuviera cultivo de quinua establecido. Se realizó un análisis de correspondencia múltiple (ACM) a la información obtenida de la encuesta. Se analizaron correlaciones entre variables que se seleccionaron de cada una de las dimensiones.

Para evaluar el desarrollo y productividad de la quinua, en relación con cultivos asociados, en cada uno de los sitios, se procedió al diseño de las parcelas experimentales de 549.88 m<sup>2</sup> (23.30 m X 23.60 m). Se dividió cada parcela en 12 subparcelas de 42 m<sup>2</sup> (7.50 m de ancho X 5.60 m de largo). Se establecieron 4 tratamientos o asociaciones con tres (3) repeticiones, en un diseño

factorial 2<sup>2</sup>.

Se sembró la quinua, *Chenopodium quinoa* Willd., con especies propias de la misma zona agroecológica y de la cultura alimentaria de los municipios: cebolla cabezona roja, *Allium cepa* L. y caléndula, *Calendula officinalis* L. como cultivos internos, los cuales se sembraron en el mismo surco con la quinua. En el perímetro de las parcelas se cultivaron, otras dos especies: una variedad nativa de papa, *Solanum tuberosum* L. denominada papa-pepina y haba, *Vicia faba* L. Las parcelas testigo se establecieron sembrando la quinua como cultivo único, en monocultivo, bajo las mismas condiciones y características que las parcelas de investigación y con las mismas dimensiones (7.50 m. X 5.60 m). Durante el ensayo no se utilizaron fertilizantes, insecticidas, ni fungicidas.

En el cultivo principal (quinua) y en los asociados se evaluaron las siguientes variables:

1. Número de hojas por planta,
2. Altura de la planta,
3. Diámetro del tallo,
4. Número de plantas por surco,
5. Peso de inflorescencias de caléndula (biomasa útil),
6. Número de panojas por planta,
7. Peso de las semillas (biomasa útil) (g),
8. Peso de planta completa de quinua (g),
9. Peso de biomasa de la planta de papa (g),
10. Peso de tubérculo de la papa (biomasa útil) (g),
11. Peso biomasa de la cebolla (g),
12. Peso de biomasa del haba (g),
13. Número de vainas por planta de haba,
14. Peso completo de planta de caléndula (g),
15. Número de hojas afectadas por mildew.

En cada parcela se compararon los resultados de las principales variables medidas en la quinua asociada a los cultivos, con las mismas variables en la parcela testigo, quinua en monocultivo.

A nivel estadístico, se aplicó un modelo matricial con enfoque multivariado, (modelo factorial 2<sup>2</sup>).

Para evaluar la incidencia del mildew causado por *Peronospora variabilis* Gäum., se tomaron 10 hojas al azar de los dos tercios superiores de tres plantas seleccionadas al azar, de cada subparcela y se determinó el porcentaje de hojas con manchas causadas por el mildew (Risco M, 2015) Se realizó la misma evaluación en la parcela control, quinua en monocultivo.

Para evaluar la productividad total de las parcelas, se sumaron los valores obtenidos de las variables seleccionadas de la quinua y se adicionaron a los valores de la biomasa de variables seleccionadas del cultivo interno más la biomasa de variables seleccionadas del cultivo externo o perimetral. Los resultados demuestran que la quinua con los cultivos asociados propuestos para esta investigación, obtuvo siempre mejor rendimiento en las variables vegetativas y reproductivas, en comparación con las mismas variables evaluadas en las parcelas control, quinua en monocultivo. La mayor productividad de biomasa total de quinua se presentó cuando se asoció con cebolla, como cultivo interno y con papa, como cultivo externo (3536 g/m). El menor valor de biomasa total de quinua, se presentó cuando se asoció con haba como cultivo externo (2704 g/m). Estos valores, son a su vez, entre cuatro y seis veces mayores que la biomasa total de quinua obtenida en las parcelas testigo, quinua como monocultivo.

La incidencia del mildew, enfermedad causada por *Peronospora variabilis* Gäum, fue siempre menor en las parcelas de quinua asociadas con cebolla, *Allium cepa* L. y caléndula, *Calendula officinalis* L., sembradas en el mismo surco de la quinua, en comparación con la parcela testigo, quinua en monocultivo, en la cual, esta patología fue al menos cuatro veces más alta.

La tipificación de los productores de quinua permitió determinar tipologías de agricultores contrastantes en los municipios. Se establecieron correlaciones entre variables seleccionadas de las dimensiones sociales, económicas y ambientales.

Esta investigación plantea para el cultivo de la quinua, un modelo alternativo, al modelo que utilizan los cultivadores de Cundinamarca en Colombia, quienes generalmente, siembran la

quinua en monocultivo, con altos costos de producción y efectos negativos para los suelos, las aguas y la planta, ocasionados por la utilización indiscriminada de insumos de síntesis industrial de la petroquímica, algunos además, no conocen los principios de la agroecología que les permite producir, obteniendo buenos rendimientos, al potenciar los procesos naturales que se llevan a cabo en los agroecosistemas y tampoco utilizan el potencial de la planta completa de la quinua, de la cual, además de las semillas podemos obtener subproductos para la alimentación humana, la alimentación animal, abono verde y biomasa para enriquecimiento de abonos orgánicos.

Palabras Clave: Agroecosistema, agrobiodiversidad, sistemas agrobiodiversos, cultivos asociados, mildew, productividad.

## Abstract

### **Productivity evaluation of quinoa *Chenopodium quinoa* Willd. in agrobiodiverse systems in three municipalities of Cundinamarca Colombia**

In the present work, the development and productivity of a variety of quinoa, *Chenopodium quinoa* Willd, is evaluated. "Blanca de Jericó" variety associated with different crops. A preliminary evaluation of the incidence of downy mildew a disease caused by *Peronospora variabilis* Gäum, was made, and total productivity in three experimental plots in the department of Cundinamarca, was also evaluated

The study was carried out in three locations, in the department of Cundinamarca, Colombia. A plot was established in each locality. The reference plot was located in the Marengo Agricultural Center (CAM) of the National University of Colombia (Mosquera municipality) and the other two plots were located in Guasca and Carmen de Carupa. In these municipalities they were selected for their agroecological conditions and for their tradition and culture of planting quinoa, also because they are easily accessible areas and with social and public order conditions, which allowed them to be at the forefront of the trials.

In order to characterize the farmers of the municipalities of Guasca and Carmen de Carupa, properties whose owners or administrators were selected, a survey was applied to them that had the objective of knowing their perception in relation to agroecological variables: social, economic and environmental. The condition for the application of the survey was that the producer of the property was active, that is, that he had an established quinoa crop. A multiple correspondence analysis (MCA) was performed. To the information obtained from the survey, correlations were analyzed between variables that were selected from each of the dimensions.

To evaluate the development and productivity of quinoa, in relation to associated crops, in each

one of the sites, the experimental plots of 549.88 m<sup>2</sup> (23.30 m X 23.60 m) were designed. Each plot was divided into 12 subplots of 42 m<sup>2</sup> (7.50 m wide X 5.60 m long). 4 treatments or associations with three (3) repetitions were established, in a 2X2 factorial design.

Quinoa, *Chenopodium quinoa* Willd., was planted with species typical of the same agroecological zone and of the food culture of the municipalities: red onion, *Allium cepa* L. and marigold, *Calendula officinalis* L. as internal crops, which were planted in the same furrow with quinoa. Two other species were grown around the perimeter of the plots: a native variety of potato, *Solanum tuberosum* L. called papa-pepina, and broad bean, *Vicia faba* L. The control plots were established planting quinoa as the only crop, quinoa in monoculture, under the same conditions. and characteristics than the research plots and with the same dimensions (7.50 m. X 5.60 m). Fertilizers, insecticides, and fungicides were not used during the trial.

The following variables were evaluated in the main crop (quinoa) and in the associates:

1. Number of leaves per plant,
2. Plant height,
3. Stem diameter,
4. Number of plants per row,
5. Weight of marigold inflorescences (useful biomass),
6. Number of panicles per plant,
- 7 Seed weight (useful biomass) (g),
8. Complete quinoa plant weight (g),
9. Potato plant biomass weight (g),
10. Potato tuber weight (useful biomass) (g),
11. Onion biomass weight (g),
12. Broad bean biomass weight (g),
13. Number of pods per broad bean plant,
14. Complete bean weight marigold plant (g),
15. Number of leaves affected by downy mildew.

The results of the main variables measured in the quinoa associated with the crops were compared with the same variables in the control plot, quinoa in monoculture

.At the statistical level, a matrix model with a multivariate approach was applied (factorial model 2<sup>2</sup>).

To evaluate the incidence of downy mildew caused by *Peronospora variabilis* Gäum., 10 leaves

were taken at random from the upper two thirds of three randomly selected plant, from each subplot, and the percentage of leaves with spots caused by downy mildew was determined (Risco, M 2015). The same evaluation was carried out in the control plot, quinoa in monoculture.

To evaluate the total productivity of the plots, the values obtained from the selected quinoa variables were added and added with the biomass of selected variables of the internal crop plus the biomass of selected variables of the external or perimeter crop. The results show that the quinoa cultivated with the different associations proposed for this research, always obtained better performance in the vegetative and reproductive variables, in comparison with the same variables evaluated in the control plots, quinoa in monoculture. The highest total biomass productivity of quinoa occurred when it was associated with onion, as an internal crop, and with potato, as an external crop (3536 g/m). The lowest total biomass value of quinoa occurred when it was associated with broad beans as an external crop (2704 g/m). These values are, in turn, between four and six times greater than the total biomass of quinoa obtained in the control plot, quinoa in monoculture.

The incidence of downy mildew, a disease caused by *Peronospora variabilis* Gäum, was always lower in the quinoa plots associated with onion, *Allium cepa* L., and calendula, *Calendula officinalis* L., planted in the same row. of quinoa, compared to the control plot, quinoa in monoculture, in which this pathology was at least four times more severe.

The classification of quinoa producers allowed us to determine contrasting types of farmers in the municipalities and to establish correlations between selected variables of the social, economic and environmental dimensions.

This research proposes for the cultivation of quinoa, an alternative model to the one used by producers from Cundinamarca in Colombia, who generally plant quinoa as a single crop, using



sometimes unnecessary inputs, | that increase production costs and generate negative effects for the soil, water and plant. The model promotes the enhancement of the natural processes that take place in agroecosystems, taking into account the relationships that are established between the quinoa crop and the biotic components, both those of the system and the associated crops. It is recommended to use the potential of the complete quinoa plant, from which, in addition to its seeds, by-products can be obtained for human food, animal feed, fodder and silage, green manure and in the production of organic fertilizers.

Keywords: Agroecosystem, agrobiodiversity, agrobiodiverse systems, associated crops, downy mildew, productivity.

## Introducción

La quinua *Chenopodium quinoa* Willd. es un cultivo andino ancestral. Es un pseudocereal domesticado hace miles de años por las antiguas culturas de la región Andina (Mujica, 2015). Es considerado como el único alimento vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos, vitaminas y no contiene gluten (Rojas, 2016). Sus hojas frescas jóvenes, son ricas en proteína y se utilizan en ensaladas. Las semillas procesadas contienen entre 12 y 21% de proteína y son ricas en aminoácidos esenciales y no esenciales (Berdugo Agudelo, 2014). A partir del grano perlado se obtienen diversos productos procesados: harinas, galletas, salsas, fideos, albóndigas, postres, hojuelas, bebidas, sopas, yogurt, coladas, etc. (Dueñas Quintero, 2014; IICA, 2015). En la industria farmacéutica y nutraceútica se aprovechan pigmentos naturales, las saponinas y otros metabolitos secundarios (Carrillo Gualancañay, 2019). La planta también es utilizada como forraje en la cría de bovinos, caprinos, aves, porcinos, equinos debido a que su biomasa fresca contiene entre el 13 y el 18% de proteína y buena digestibilidad (Vargas Zambrano, 2019).

La producción local de quinua en el departamento de Cundinamarca, plantea la necesidad de diseñar estrategias y modos de cultivo para modificar el esquema de la utilización de agroquímicos, a fin de proteger el ambiente, la salud y la economía campesina, al garantizar la inocuidad de los productos finales de las cosechas.

El presente trabajo pretendió, desde el diálogo con productores de Cundinamarca, generar un modelo de producción alternativo al utilizado a nivel local para la siembra de la quinua. Bajo los principios de la agroecología e integrando los conocimientos tradicionales con los conocimientos académicos, se evaluó el desarrollo y la productividad de una variedad de quinua, *Chenopodium quinoa* Willd, variedad “Blanca de Jericó”, asociada a diferentes cultivos. Se evaluó la productividad total de las parcelas y se hizo una evaluación preliminar sobre la incidencia del

mildeo en las plantas de quinua, dado que se presenta como una enfermedad reiterativa, según testimonio de productores de la región.

El modelo agroecológico propuesto para esta evaluación se contrastó en el tiempo y en las condiciones ambientales, sociales, económicas y culturales del contexto. Se sembró la quinua (*Chenopodium. quinoa*), en asociación con especies propias de la cultura agroalimentaria y de la misma zona agroecológica: cebolla cabezona roja, *Allium cepa* L. ó caléndula, *Caléndula officinalis* L., establecidos en el mismo surco con la quinua. Alrededor de las parcelas se sembraron otras dos especies: una variedad nativa de papa, *Solanum tuberosum* L. denominada papa-pepina ó haba, *Vicia faba* L.

La investigación se llevó a cabo en tres sistemas productivos de tres municipios del departamento de Cundinamarca, en cada uno de los cuales se estableció una parcela. La parcela de referencia se ubicó en el Centro Agropecuario Marengo (CAM) de la Universidad Nacional de Colombia (municipio de Mosquera) y las otras dos se ubicaron en Guasca y Carmen de Carupa. Estos municipios se seleccionaron por sus condiciones agroecológicas y por su tradición y cultura de siembra de la quinua y de los cultivos que se asocian, además son zonas de fácil acceso y con condiciones sociales y de infraestructura necesarias, que permitieron estar al frente de los ensayos.

En este modelo, la asociación de cultivos potencia los procesos naturales en el agroecosistema y sobre todo, los procesos que se llevan a cabo en el suelo como sistema vivo, cuyos subproductos, al interactuar con la planta (raíces y rizosfera), contribuyen a mejorar la actividad metabólica y la productividad de la planta y a disminuir la incidencia de la enfermedad sin usar agroquímicos, disminuyendo así los costos de producción y protegiendo el medio ambiente.

La producción de quinua se presenta como una alternativa en países y regiones con problemas de inseguridad alimentaria, dado los altos rendimientos de biomasa de la planta, su alto contenido

de proteína de la planta, el amplio rango de suelos y de condiciones agroecológicas en los cuales crece. Además, la especie es sembrada tradicionalmente por medianos y los pequeños productores y permite un uso multipropósito, alimento directo para el humano, los granos y las hojas jóvenes; follaje para alimentación animal por sus características bromatológicas, buena digestibilidad y potencial para ser ensilada y la utilización de la paja y los demás residuos de cosecha, como abono verde y materia orgánica de rápida descomposición para el mejoramiento de la calidad de los suelos. evaluaciones realizadas por varios autores. Lo anterior se hace importante, debido al incremento de los costos de la producción agropecuaria, dada el alza de precios de los insumos, tanto los concentrados que mejoran el valor nutricional de las pasturas como de los fertilizantes de síntesis y de la petroquímica.

El modelo cobra vigencia cuando en Colombia y en el mundo, se ha mantenido un incremento sostenido de los precios de los insumos. A finales del año 2021, se registró un aumento significativo en el costo de los insumos agrícolas. Por ejemplo, la urea y el cloruro de potasio, han tenido un aumento de tres a cuatro veces (Contexto Ganadero, 2021). Para enero de 2021 el precio de una tonelada de urea estaba en \$926.459,40, para noviembre del mismo año el precio se incrementó a \$3.505.506,00, para enero de 2023 este precio aproximado se mantuvo (739 dólares por tonelada. El precio del dólar a 20 de enero de 2023, \$ 4683 pesos) (www.portafolio.com, 2023).

En la primera sección se presenta un breve planteamiento del problema, los objetivos de la investigación y la formulación de la hipótesis; en el segundo aparte del trabajo se desarrolla el marco teórico, en donde se hace una revisión de los principales conceptos relacionados con la investigación, partiendo de un acercamiento a la agroecología de manera general e indagando en trabajos relacionados con los objetivos planteados. En el tercer aparte se expone la metodología, el desarrollo de la misma, junto a la correspondiente presentación de datos y conclusiones de la investigación.

## **1. Capítulo 1. Planteamiento del problema**

### **1.1. Situación problema**

En Colombia, la quinua se cultiva entre los 1.800 y 3.000 m.s.n.m., principalmente en Nariño, Cauca, Cundinamarca y Boyacá, en zonas agroecológicas donde también se cultiva papa, cebolla, haba, arveja, diversas hortalizas (Jiménez Velandia & Junco Vargas, 2018). Además, Colombia tiene un gran potencial respecto a la producción de quinua, dada la variabilidad de sus suelos y de sus climas (Delgado, Palacios, & Betancur, 2009; Montoya Restrepo, Martínez Vianchá, & Peralta Ballesteros, 2005). En el departamento de Cundinamarca, Colombia, los medianos y los pequeños productores de quinua continúan cultivando bajo el esquema de la agricultura convencional, es decir, una sola especie cuyas siembras se repiten en los mismos lotes, hasta por varios ciclos y además utilizan gran cantidad de insumos: fertilizantes, fungicidas e insecticidas de síntesis de la petroquímica que contaminan el suelo y las aguas y afectan a largo plazo la salud de los consumidores (Pacheco Sanguino, 2018).

Este territorio presenta las problemáticas características del campo colombiano, falta de infraestructura para la producción y comercialización de bienes agropecuarios, ausencia de asistencia técnica para agricultores, altos costos en los insumos de producción, vías secundarias y terciarias en mal estado, altos índices de desempleo, pobreza y baja escolaridad de la población. Estas condiciones generan una alta migración de la población campesina joven que busca oportunidades para estudiar y trabajar en la ciudad y un envejecimiento de la población que trabaja en la economía campesina (Morillo et al., 2021).

Independiente de las consecuencias a corto y largo plazo del uso de los agroquímicos para la salud de los humanos y por los desbalances que su exceso ocasiona en el suelo y en las fuentes de agua, los precios de los insumos son cada vez más altos, lo cual determina altos costos de producción, disminuyendo la relación costo-beneficio y la rentabilidad.

Según los productores locales, la enfermedad con mayor incidencia en cultivos de quinua es el mildew, causado por *Peronospora variabilis* Gäum.: “esta enfermedad puede ocasionar en el cultivo, pérdidas entre el 33 y 58 %. En condiciones de alta presión de inóculo, puede llegar incluso hasta un 95% si las condiciones son favorables para su desarrollo: humedad relativa mayor al 80 % y temperatura entre 15 y 25 °C” (Risco M & Mattos C, 2015). Los campesinos tratan de controlar esta enfermedad buscando erradicar al agente causal con fungicidas de alto costo, que a veces no pueden comprar, lo cual incide en pérdida del cultivo (Maguiña, 2020).

En esta investigación se evaluó el desarrollo y la productividad de una variedad de quinua *C. quinoa*, como cultivo principal, asociada con: cebolla cabezona roja, *Allium cepa* L. y caléndula, *Calendula officinalis* L., como cultivos internos, y papas nativas, *Solanum tuberosum* L. (llamada pepina) y habas, *Vicia faba* L. como cultivos externos sembrados perimetralmente. Se hizo una evaluación preliminar de la incidencia del mildew y se evaluó la productividad total de las parcelas, quinua más cultivo interno, más cultivo externo (Huanca, 2015).

## **1.2. Justificación**

Los cultivadores de quinua en Cundinamarca, insisten en el modo convencional de producción porque no han establecido diálogos sobre las posibilidades de producción agroecológica que potencian los procesos naturales en el agroecosistema o sistema de producción de quinua, para obtener buena productividad y disminuir la incidencia de la enfermedad a niveles tolerables y mejorar la rentabilidad del sistema de producción.

## **1.3. Hipótesis**

Los cultivos de quinua, asociados con otras especies, tienen un mejor desarrollo y presentan una mayor productividad en comparación de la quinua sembrada en monocultivo, debido a las relaciones que establece con las especies que participan en el sistema de producción planificado.

#### **1.4. Objetivo General**

Determinar los efectos de especies asociadas seleccionadas, sobre la productividad de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) como cultivo principal, la incidencia del mildeo y la productividad integral de las parcelas, desde la perspectiva agroecológica, en tres municipios de Cundinamarca Colombia.

#### **1.5. Objetivos específicos**

**1.5.1.** Seleccionar la ubicación de las parcelas para establecer los ensayos y determinar las tipologías de los productores de quinua, desde las dimensiones social, económica y ambiental.

**1.5.2.** Evaluar variables de desarrollo y productividad de la quinua asociada a las siguientes especies: cebolla cabezona roja, *Allium cepa* L. y Caléndula, *Caléndula officinalis* L., establecidos en el mismo surco con la quinua, como cultivos internos y una variedad de papa *Solanum tuberosum* L. y haba, *Vicia faba* L. sembradas alrededor de las parcelas, como cultivos externos. en tres municipios de Cundinamarca.

**1.5.3.** Analizar el efecto de las relaciones establecidas entre la quinua y los cultivos asociados en la incidencia del mildeo en el cultivo de la quinua.

**1.5.4.** Determinar la productividad total o integral de las parcelas.

## **2. Capítulo 2. Marco Conceptual**

### **2.1 Cambio climático y la necesidad de transformar las prácticas de los cultivos**

El incremento de la población implica un aumento en la demanda mundial de alimentos que, al combinarse con los crecientes impactos del cambio climático y los elevados precios de los agroquímicos elaborados a base de combustibles fósiles, pondrán una presión en la producción agrícola y en la población más pobre (Herrador- Valencia & Paredes, 2016).

En la cordillera de los Andes se ha presentado una aceleración del proceso de desglaciación debido al cambio climático. La temperatura se incrementó en esta región en cerca de 0.8 °C en el siglo veinte con una mayor aceleración de dicho cambio en último cuarto de siglo y en zonas de producción de agua como los páramos, donde el incremento de la temperatura ha oscilado en 0.4 a 0.9 °C por década (Agudelo y Armenteras, 2018, p. 50), esto genera consecuencias en los sistemas agrícolas. La disponibilidad del agua, la erosión, las precipitaciones son afectadas por el cambio climático haciendo más vulnerable la producción agropecuaria. En países como Colombia estos cambios generarán incrementos de la temperatura, escasez del agua y disminución en los rendimientos de los cultivos (Lozano-Povis et al., 2021, p. 107).

En tal sentido, se precisa un modelo agrícola alternativo para la quinua, diferente del modelo dominante, que mantenga en su base elementos culturales sociales y económicos, bajo una racionalidad etnoecológica dentro del contexto de la agricultura familiar y campesina y sus saberes tradicionales (Lizano, 2020). Existen experiencias de agricultura campesina que evidencian que sus sistemas biodiversos son más resilientes al cambio climático, esta resiliencia ecológica requiere de una resiliencia social soportada en las organizaciones rurales sociales y comunitarias.



La FAO (2019), plantea que se necesita un mundo en el que los alimentos sean nutritivos y accesibles para todos; un mundo en el que los recursos naturales se gestionen de una manera que permita la preservación de las funciones de los ecosistemas para responder a las necesidades de los habitantes del planeta.

Como esencia del trabajo de la FAO en el fomento de la sostenibilidad en los sistemas de producción, esta visión común se ha traducido en un enfoque que apoya y acelera la transición hacia unos sistemas de alimentación y agricultura más sostenibles. El enfoque se basa en cinco principios (FAO, 2019, p. 10): Aumentar la productividad, el empleo y el valor añadido en los sistemas de alimentación; proteger e impulsar los recursos naturales; mejorar los medios de subsistencia y fomentar el crecimiento económico sostenible; potenciar la resiliencia de las personas, de las comunidades, de los ecosistemas y adaptar la gobernanza a los nuevos retos.

Dichos principios equilibran las dimensiones sociales, económicas y medio ambientales de la sostenibilidad y conforma la base para elaborar políticas, estrategias, regulaciones e incentivos que se adapten a las necesidades.

## **2.2. La Agricultura Familiar Campesina**

Colocar la mirada sobre la agricultura familiar campesina como respuesta a la urgente necesidad de mejorar la seguridad alimentaria, preservando los recursos naturales, los materiales genéticos de los cultivos que proveen los alimentos y demás bienes y servicios para la humanidad, el agua, el suelo, el ambiente y la tradición oral, se hace necesario, teniendo en cuenta que es la agricultura familiar la que produce el 80% de los alimentos que se consumen en el mundo y el 83.5 % de los alimentos que consumen los colombianos además, que es una agricultura respetuosa con el medio ambiente, con la cultura y las tradiciones. Esta agricultura solo ocupa un 25% de la superficie agrícola mundial, mientras la agricultura industrial solo produce un 20% de los alimentos, ocupando el 75% de las tierras y usando la mitad de los recursos empleados

en la agricultura (Jager, 2015) .

Se comprende la importancia de la agricultura familiar como un modelo de agricultura que es sostenible. “La agricultura familiar, es la que tiene como uso prioritario, la fuerza de trabajo familiar, con acceso limitado a recursos de tierra y capital, así como uso de múltiples estrategias de supervivencia y de generación de ingresos. Hay una heterogénea articulación a los mercados de productos, al acceso y al uso de diferentes agroecosistemas” (Tello, 2011, p. 5). García-Parra (2018), destaca la importancia de la agricultura familiar así: “El cambio climático y la crisis mundial de alimentos llevan a mirar con atención la vulnerabilidad, insostenibilidad e inequidad social de la agricultura y la producción de alimentos. Hay una creciente aceptación de que las políticas y las prácticas han fracasado en su objetivo de alimentar a la población más vulnerable, para adaptarse a las condiciones de permanente cambio ambiental y han fracasado en proteger los verdaderos ecosistemas que nos sostienen” (p. 13).

Así mismo, se reconoce la importancia de este tipo de agricultura, por el potencial de mitigación en torno a las emisiones de carbono: “Gran parte de este potencial de secuestro de carbono se encuentra en los países en desarrollo. Las prácticas que pueden ayudar a la captura del carbono pueden ser entre otras, evitar que el suelo descansa sin cobertura, intensificar el uso de leguminosas, incorporación de materia orgánica todas las prácticas integrales de la agricultura familiar agroecológica” (Tello, 2011, p. 12).

En Colombia, desde el enfoque del desarrollo rural con enfoque territorial, se reconoce la importancia de la economía familiar y campesina como dinamizadora de las economías locales, productora de alimentos y generadora de empleo rural. La Mesa Técnica de Agricultura Familiar y Economía Campesina, en el marco de la Reforma rural integral del Acuerdo de Paz, define a la economía familiar, campesina y comunitaria como: “el sistema de producción, transformación, distribución, comercialización y consumo de bienes y servicios organizado y gestionado por los hombres, mujeres,

familias y comunidades (campesinas, indígenas, negras, afrodescendientes, raizales y palenqueras) que conviven en los territorios rurales del país” (Jager, 2015). Desde esta lectura, este sistema incluye las formas de producción de organizaciones y comunidades rurales, así como sus prácticas sociales, económicas, culturales, su diversidad, multifuncionalidad y como elemento de la reproducción social en el campo.

### **2.3. La agroecología como ciencia emergente**

La agroecología se puede definir, como la ciencia que estudia la estructura y función de los agroecosistemas, tanto desde el punto de vista de sus relaciones ecológicas como culturales. Se entiende que el objeto de estudio de la agroecología es el agroecosistema. Sin embargo, los agroecosistemas no terminan en los límites del campo de cultivo o de la finca, debido a que pueden ser influenciados por otros factores, por ejemplo, culturales (León, 2009).

El enfoque agroecológico considera a los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio. Por ende, los procesos biológicos desarrollados en ellos y las relaciones socioeconómicas entre los cultivadores y las plantas, son investigados y analizados como un todo (Altieri, 1999).

La agroecología trasciende la visión reduccionista característica de la revolución verde (Griffon, 2008). Esta ciencia que estudia holísticamente el agroecosistema, lo considera como un sistema complejo compuesto por elementos bióticos y abióticos que interaccionan de múltiples formas (Sole & Manrubia, 1996). Este enfoque de sistemas complejos, permite un acercamiento integral a los procesos y relaciones que se llevan a cabo en los agroecosistemas y de esta manera, superar la visión simplista de la agricultura industrial (Redagres y Cytred, 2013).

La agroecología mantiene un diálogo interdisciplinario dada la complejidad de su objeto, parte de abordaje de lo general a lo particular y vincula elementos socioculturales en un enfoque de

sistemas es, por tanto, una ciencia que valora e integra el conocimiento de productores y campesinos en su contexto (Sarandón, 2021, p. 3).

## **2.4. Agroecosistemas y sostenibilidad**

La agroecología está basada en el concepto de ecosistema (Gliessman, 2007), entendido éste, como un sistema funcional de relaciones complementarias entre los organismos vivientes y su ambiente, delimitado por fronteras, en un tiempo y espacio que parece mantener un estado estable de equilibrio, pero a la vez dinámico (Gliessman et al., 2007) sobre este concepto agregan que “Cuando extienden el concepto de ecosistema a la agricultura, los sistemas agrícolas se consideran agroecosistemas. El agroecosistema se considera como un sistema complejo en el cual se llevan a cabo un conjunto de interacciones biológicas, físicas, químicas, ecológicas y culturales que determinan los procesos que permiten obtener productos y sostener rendimientos” (Gliessman et al., 2006, p. 2).

No es posible llegar a un acuerdo epistemológico para alcanzar una definición de agroecosistema, persisten diversos enfoques que van de los más complejos que vinculan un carácter ecológico social y comunitario, hasta los que se determinan por el espacio físico de la finca (León, 2021, p. 18).

Para Lugo y Rodríguez (2017), “El agroecosistema tiene mayor correspondencia epistémica con la agronomía ecologizada por tratarse de un objeto de estudio cosificado, ordenado, manipulado, calculado, optimizado, para la productividad y el rendimiento, cuya dimensión ecológica le atribuye interrelaciones armónicas con la naturaleza” (p 98), propone en contraste un enfoque inter epistémico que, aunque plantea una fractura con epistemes cosificadas por el enfoque técnico agronómico, también las articula, desde una perspectiva crítica señalando su faceta productivista e instrumental y vinculando saberes tradicionales (Perea, 2018).

Para Gliessman et al. (2006), “Un agroecosistema se crea, cuando la manipulación humana y la alteración de un ecosistema tienen lugar, con el propósito de establecer la producción agrícola. Esto introduce varios cambios en la estructura y función del ecosistema natural y cambia un número de cualidades del sistema” (p. 3). Por ende, la intervención humana que altera la estructura y función de los ecosistemas normales hace difícil interpretar los agroecosistemas, los cuales para que funcionen de una manera sostenible, deben tener en cuenta una amplia serie de factores y procesos ecológicos, económicos y sociales (Gliessman et al., 2006).

El diseño y el manejo de agroecosistemas sostenibles como enfoque, debe construirse sobre los campos de la ecología y las ciencias agrícolas y emerge como la ciencia de la agroecología. Los sistemas agrícolas, no deben ser vistos como una actividad estrictamente productiva manejada primordialmente por presiones económicas” (Gliessman, et al., 2006). Es necesario reestablecer la conciencia de que la agricultura se desarrolló originalmente sobre los agroecosistemas naturales y que alrededor de cada agroecosistema hay otros ecosistemas circundantes y hay comunidades humanas.

En el contexto de la sostenibilidad se debe tener en cuenta el fundamento ambiental del agroecosistema, en el cual hay un complejo de procesos involucrados en el mantenimiento de la productividad a largo plazo. Hay que entender la base ecológica de la sostenibilidad en términos de la conservación y uso de recursos, incluyendo suelo, agua, recursos genéticos y calidad del aire. Entonces se debe examinar las interacciones entre los muchos organismos del agroecosistema, empezando con las interacciones a nivel de la comunidad o conjunto de poblaciones, en el espacio, en el tiempo y culminando a nivel del ecosistema a medida que se esclarece el entendimiento del sistema en su totalidad (Pinedo- Taco, 2018).

## **2.5. Los sistemas agrobiodiversos y el equilibrio de los agroecosistemas**

La biodiversidad agrícola o agrobiodiversidad está conformada por la riqueza de plantas,

animales y microorganismos utilizados para la alimentación y la agricultura. El aire que respiramos, los alimentos que consumimos y el agua que bebemos dependen de la biodiversidad, es la base de ecosistemas saludables y funcionales. La comida en nuestro plato depende de la disponibilidad de agua dulce y suelos saludables, que suministran nutrientes esenciales a las plantas, que a su vez constituyen el 80% de los alimentos que ingerimos y producen el 98% del oxígeno que respiramos (Altieri & Nicholls, 2020). Sin plantas no existiría una cadena de organismos benéficos del suelo que cumplen con sus funciones ecosistémicas ayudando a la mineralización de la materia orgánica, proceso mediante el cual se liberan los iones y los cationes que son asimilados para su propia nutrición y desarrollo (Vandermeer et al., 1998).

Los organismos diversos en los ecosistemas conforman el conjunto de piezas o factores que interactúan con los factores abióticos en el fino equilibrio de su funcionamiento (Altieri, 1999). Los procesos ecológicos exhiben dimensiones de tiempo y espacio. La estructura y la función de los agroecosistemas están determinadas por los componentes de biodiversidad y sus interacciones. La estabilidad no está solo relacionada al número de especies presentes, sino más bien con las conexiones funcionales entre estas. Mientras más diversos los agroecosistemas, estos tienden a ser más estables y más equilibrados y la incidencia de plagas y enfermedades se hace menor en estos ecosistemas biodiversos que en ecosistemas simplificados (Altieri & Nicholls, 2020).

La biodiversidad incrementa la funcionalidad del ecosistema pues las especies juegan roles diferentes y realizan funciones que pueden ser complementarias o redundantes. Si un grupo funcional de especies o un nivel trófico es removido puede causar que un ecosistema cambie a un estado “menos deseado” afectando su capacidad de funcionar y prestar servicios (Vandermeer et al., 1998). En la agricultura convencional en la cual se simplifican el número de especies vegetales, usa básicamente al suelo como soporte físico de la planta a la cual hay que alimentar artificialmente, agregándole a éste cada vez más y más abonos químicos, agrotóxicos, etc. para que la planta pueda rendir en función de su potencial genético.

Sembrar especies asociadas con otros cultivos es una estrategia fundamental para restablecer la capacidad autorreguladora al interior de los agroecosistemas (Cleves-Leguizamo, 2016). También, se minimizan las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo. A través del aumento en la cobertura, se diversifica el agroecosistema en el tiempo y el espacio, se aumentan las interacciones biológicas y los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo, procesos y servicios ecológicos claves (Altieri & Nicholls, 2007; Sarandón & Flores, 2014).

## **2.6. La agroecología y los agroecosistemas desde la perspectiva integral social, económica y política.**

La agricultura moderna, que nos resulta tan familiar, está basada en la masiva aplicación de agroquímicos y el uso de cultivares híbridos de alto potencial de rendimiento para generar productividad más allá de la conservación de los recursos, sin que importe el impacto sobre los suelos, las aguas y mucho menos sobre el presente, la historia y la cultura de las comunidades vinculadas a los territorios.

“La agroecología puede ser definida como el manejo ecológico de los recursos naturales a través de formas de acción social colectiva que presentan alternativas a la actual crisis civilizatoria (Sevilla Guzmán & Woodgate, 2013) “.

La agroecología, surge a partir de una crítica a la agricultura convencional y a los procesos de deterioro del ambiente generados por la modernidad. El objeto de estudio de la agroecología es el agroecosistema y es la ciencia que se encarga de articular los conocimientos sobre los procesos naturales para la producción de bienes, con las relaciones sociales y económicas que se generan.

Los agroecosistemas según Maser et al., (1999) deben ser robustos para enfrentar choques y

dificultades socioeconómicas y ambientales, adaptables a estos cambios, así como capaces de recuperarse, manteniendo su productividad. Los atributos de un agroecosistema son la productividad, la eficiencia, la resiliencia y la estabilidad.

Desde el punto de vista económico, los agroecosistemas sustentables son aquellos que presentan una producción rentable y estable a lo largo del tiempo, haciendo el uso eficiente de los recursos naturales y económicos, sin desperdicio (Maser et al., 1999, Rigby et al., 2001).

En el texto sobre “La agroecología como estrategia metodológica de transformación social” (Sevilla- Guzmán, 2014) plantea que “La agroecología devela la dimensión socio -cultural de los procesos productivos, así como la necesidad de incorporar a los agricultores, mediante técnicas participativas para obtener un manejo ecológico de los recursos naturales a nivel de predio que trascienda a la comunidad . Es necesario tener en cuenta las características específicas del predio o explotación agrícola, las cuales determinan el estilo de manejo, basado en la historia y en utilización de tecnologías tradicionales de la región o de la finca. “De esta manera se trata de incorporar a los procesos productivos, mediante el diálogo y la acción participativa, los saberes a los que se refiere Foucault cuando habla de *saberes sometidos*; podría llamarse “saber de la gente y que no es propiamente un saber común, un buen sentido, sino un saber particular, local, regional, un saber diferencial incapaz de unanimidad y que sólo debe su fuerza a la dureza que lo opone a todo lo que lo circunda” (Sevilla- Guzmán, 2014).

En el mismo texto (Sevilla- Guzmán, 2014), plantea también la importancia de la investigación de la agroecología, en la transformación social que supone dotar a las “dimensiones productiva y socioeconómica y cultural” de un contenido sociopolítico. Se refiere a “la realización de actividades conjuntas investigador -agricultor para el diseño participativo de acciones productivas y de cambio social que mejoren su nivel de vida”

Las comunidades determinan desde su cultura, sus valores y su cosmovisión, qué esperan de



sus sistemas productivos, cómo los cultivan y cómo interactúan con las organizaciones que participan para estimular el acceso a nuevos conocimientos que integran con sus conocimientos ancestrales. Dichas interacciones les permiten plantear estrategias para mejorar sus sistemas productivos y su calidad de su vida insertándose, de una manera activa en el entorno, más allá de su propia chagra o terruño. Lo anterior se refiere a la agroecología como práctica, que vincula el carácter tecnológico y productivo de la misma y se complementa con las dimensiones científica y política en procesos sociales de transición agroecológica (Toledo, 2011).

En su dimensión política, la agroecología es considerada como un instrumento de cambio social: “Se convierte en una estrategia para alcanzar ese bien mayor, el cual es la transformación de las sociedades, no sólo rurales sino también urbanas, sociedades basadas en la autodeterminación de los pueblos que crean relaciones sociales y comerciales justas y equitativas” (González de Molina, 2018). De allí se desprende que la agroecología, dentro de esta dimensión política, se conforma como un movimiento social que vincula reivindicaciones de familias campesinas, pequeños productores, ambientalistas, etc.

## **2.7. La agroecología desde el aspecto de la revalorización de los saberes y las técnicas tradicionales del cultivo de la quinua.**

Bazile et al., (2014), en el capítulo 1.6 del Estado del arte de la Quinua en el mundo, plantean que la producción de quinua estuvo mucho tiempo a cargo de las poblaciones andinas. A la llegada de los españoles, uno de los medios de sumisión de los pueblos andinos consistió en imponer un régimen alimenticio a base de cereales, es así que la quinua fue desplazada, desvalorizada y su producción quedó confinada a las comunidades campesinas andinas; el caso de los Mapuche al sur de Chile (Thomet et al., 2010) y de las comunidades andinas peruanas son un buen ejemplo.

Por mucho tiempo la quinua fue clasificada como un cultivo de subsistencia, situación que explica la conservación de una diversidad de prácticas agrícolas tradicionales de las comunidades andinas. Las prácticas se mantienen en las comunidades que son diversas y habitan zonas agroecológicas específicas por lo cual no pueden ser integradas a los modelos de la agricultura convencional generados por el boom de la demanda mundial de quinua en los años 90´.

Bazile et al. (2014) explican que la forma de cultivar la quinua en las diferentes regiones productora obedece a “modelos agroecológicos propios que se imponen también como los más idóneos en los ambientes frágiles de la zona andina, que están siempre sometidos a fuertes limitaciones”.

Se puede plantear que la quinua como cultivo y las formas de cultivo tradicionales son patrimonio de la zona andina y deben preservarse y potenciarse, más allá de la propia gestión de los campesinos, mediante la investigación participativa, en cada región. Se hace necesario tener en cuenta las condiciones agroecológicas, que incluyen el clima con sus diferentes componentes, los recursos disponibles y sobre todo la cultura y los valores del componente humano del sistema.

Lo anterior está ratificado por: La declaración oficial del “2013 - Año Internacional de la Quinua” por la ONU – FAO que resalta e insiste sobre el reconocimiento del rol de los pueblos andinos en la creación y la conservación de la biodiversidad de la quinua (Bazile, 2014).

## **2.8. La quinua bajo el sistema de producción de la familia campesina tradicional - Estudios de caso.**

Las prácticas ancestrales se describen como el conocimiento acumulado a través del tiempo por las comunidades locales para manejar el clima y los recursos que le provee la naturaleza para garantizar y suplir sus necesidades de sobrevivencia y de protección. Constituyen un conjunto de prácticas no codificadas creadas mediante la observación directa y modificada o

complementadas a través de las generaciones, que fueron transmitidas por la tradición oral y se manejan mediante un lenguaje específico. Lo anterior se traduce en haceres propios y en la innovación constante para adaptarse a los múltiples cambios que suceden en los hábitats, en el clima y en las diferentes relaciones que se establecen cada grupo social (Ortiz, 2018).

Aunque la ampliación de los mercados de la quinua, conducen a establecer cultivos intensos para exportar, con nuevas tendencias que plantean formas y estrategias de siembra y comercialización diferentes, la siguiente es la caracterización de los cultivos tradicionales de la quinua en Argentina y en Colombia, que podría aplicarse a todas las regiones de la zona andina que mantienen el cultivo de la quinua como un sistema regional de agricultura familiar.

### **2.8.1. Estudio de Caso en Argentina**

Scalise (2015) describe como se produce la quinua en la puna jujeña de Argentina. En esta localidad la producción de la quinua conserva gran parte de los rasgos tradicionales, aunque se verifican algunas trayectorias modernizantes. El cultivo tradicional se relaciona con una forma de vida campesina orientada a la producción de subsistencia. La quinua se cultiva junto con otras especies hortícolas, como las habas, las papas andinas y el maíz. La producción agrícola se integra a la cría de ovejas y llamas, a partir de conocimientos heredados de los antepasados.

“La semilla utilizada es de producción propia y suele intercambiarse con familiares o vecinos para obtener mejor calidad. El ajuste del calendario de siembra y el conocimiento del clima son saberes heredados. En caso de heladas se recurre al quemado de tola, arbusto endémico de fácil combustión. La preparación de los lotes y las camas para la siembra de la quinua, se realizan con arados de tracción animal, por bueyes, mulas o burros. Para combatir las plagas, hongos e insectos, se recurre a trampas y preparados naturales y para la fertilización se utiliza abono animal. Se practica la rotación agrícola para preservar los atributos estructurales y químicos del suelo. El rastrojo se destina a la alimentación de los animales”.

“El manejo del cultivo de la quinua se realiza casi todo con mano de obra familiar. De acuerdo con el área que se va a cultivar, los productores recurren a la contratación de servicios de maquinaria para la siembra ofrecidos y subsidiados por los municipios, cooperativas o asociaciones de productores y a la contratación esporádica de mano de obra de vecinos”.

“Las principales formas de cultivo las realizan pequeños agricultores en minifundios, el acceso al minifundio también se produce por herencia, muchas veces dentro de comunidades donde no existe el régimen de propiedad. El acceso a la tierra tiene múltiples formas, desde la propiedad hasta el arrendamiento y establecen formas asociativas para una cosecha en función de las cuales los socios aportan distintos factores de la producción (tierra, capital y trabajo) y participan en distintos porcentajes “ (Scalise, 2015).

### **2.8.2. Estudio de caso en Colombia, Departamento del Cauca.**

La quinua se presenta como una alternativa productiva de desarrollo rural y socioeconómica para la comunidad indígena Yanaconas en el corregimiento de Guachicono, en el municipio colombiano de La Vega departamento del Cauca. En esta localidad las pocas oportunidades laborales son limitadas y el sustento de la comunidad depende principalmente de la actividad agrícola. Este cultivo además de proveer de seguridad y soberanía alimentaria para las familias productoras contribuye en la generación de ingresos de la unidad agrícola familiar, por presentar buena aceptación en el mercado. Finalmente, el cultivo de la quinua está sustituyendo cultivos ilícitos como la amapola que solo han dejado pobreza, descomposición social y desplazamiento.

En esta región del departamento del Cauca Colombia se planteó un proyecto cuyo objetivo era la revalorización de la quinua y su reutilización como una estrategia para superar los indicadores extremos de pobreza, desnutrición y de necesidades básicas insatisfechas de la comunidad Yanaconas en el corregimiento de Guachicono, municipio de la Vega. Mediante la estrategia de

investigación participativa el equipo de trabajo se integró con las comunidades y se plantearon estrategias para recuperar el cultivo de la quinua en estas zonas, teniendo en cuenta que este cultivo ancestral hacía parte de los huertos y de la diversidad de cultivos de los indígenas Yanaconas, pero cuando no tuvo valor comercial cambiaron la quinua por la siembra de cultivos de cebada, papa y trigo. Después como producto de la violencia interna del país gran parte de las comunidades fueron desplazadas de sus territorios.

La revalorización del cultivo y su potencial se realizó mediante las siguientes actividades:

Talleres para interiorizar el valor de la quinua desde el punto de vista tradicional y nutricional como un cultivo lícito y una alternativa de vida.

Talleres para la recuperación de los conocimientos tradicionales, revalorizando las tradiciones de manejo de la quinua en los siguientes aspectos: métodos de siembra, elaboración de semilleros, vigilancia y control de la babosa como la única plaga que puede atacar la planta al inicio del ciclo. Establecimiento de las siembras aplicando métodos tradicionales: cosecha, secado y trilla. (Guerrero, 2018).

Como producto del proyecto los Yanaconas sembraron la quinua variedad blanca de Jericó, asociada con arveja y maíz. Esta variedad es la más apetecida por ser dulce, su grano es grande y de gran rendimiento. La productividad alcanzada puso en evidencia que el manejo que le dan los agricultores en esta localidad, necesita menos costos por hectárea. Se producen en esta comunidad rendimientos entre 2 y 2.6 toneladas por hectárea con el uso de media tonelada de materia orgánica mientras que en países como Bolivia y Perú en condiciones similares se obtienen 700 kilogramos por hectárea utilizando 12 toneladas de materia orgánica (Guerrero, 2018).

## **2.9. Principios agroecológicos para el manejo de las enfermedades de los cultivos.**

Altieri (1999) plantea: que las enfermedades de las plantas son más frecuentes en los agroecosistemas que en los ecosistemas naturales, observación que ha conducido a la conclusión que las enfermedades epidémicas son el resultado de la interferencia humana en el “balance de la naturaleza”(Mónaco, 2014).

Según lo planteado por Mónaco (2014): “Para combatir las plagas y las enfermedades, bajo el enfoque de la agricultura moderna, el agricultor es altamente dependiente de los plaguicidas químicos sintéticos que han provocado problemas de toxicidad para el hombre y los animales, eliminación de fauna benéfica, reducción de la biodiversidad natural, resistencia y resurgencia de organismos nocivos y contaminación de los alimentos y el medio ambiente” (p. 314).

Sobre las enfermedades como componentes de los agroecosistemas, Mónaco (2014) nos recuerda que: “las condiciones necesarias para el desarrollo de una enfermedad son las siguientes: una cepa virulenta de un agente patógeno (hongo, bacteria o virus), un huésped susceptible (cultivo) y condiciones favorables para que se establezca la interacción planta patógeno. De hecho, la enfermedad no se generará a no ser que exista un agente patógeno activo, un huésped apropiado y condiciones ambientales adecuadas para la infección, colonización y reproducción del agente patógeno. En este sentido, la intensificación de la agricultura incluye varias prácticas que favorecen la enfermedad de las plantas” (Mónaco, 2014, p. 315).

Se refiere a que se debe modificar el concepto de control de enfermedades por manejo de enfermedades y plantea que: “En general, las enfermedades se han controlado y se controlan con altas dosis y frecuencias de aplicación de fungicidas sintéticos, eliminando una gran cantidad de especies fúngicas, la mayoría de ellas saprófitas. Esta eliminación provoca un “vacío” y un riesgo de re- invasión por parte de los patógenos, ante la pérdida del efecto amortiguador que le opone

la flora saprobia. La reducción de la biodiversidad como consecuencia del modelo predominante de agricultura es particularmente evidente en el campo del manejo de enfermedades. El propósito del control de la enfermedad es prevenir que el daño de ésta sobrepase aquel nivel donde las utilidades o el rendimiento requerido sean reducidos significativamente” (Mónaco, 2014, p. 315).

Según Apple (1977) citado por (Mónaco, 2014, p. 316) “En los últimos años, el concepto control de la enfermedad, ha sido reemplazado por el de "Manejo de Enfermedades", que implica un proceso continuo de eventos consistentes en la selección y uso de técnicas orientadas a reducir las enfermedades a un nivel tolerable”. “El manejo de enfermedades trata de regular a los organismos fitopatógenos y no de erradicarlos y su concepto está estrechamente ligado al de "umbral de daño económico", definido como: el valor de enfermedad en el cual la pérdida ocasionada equivale al costo de aplicación del fungicida” (Mónaco, 2014, p. 316).

## **2.10. De la extensión a la comunicación**

La caracterización de un agroecosistema, visto de manera integral debe vincular a la población campesina y los componentes sociales, económicos y culturales de la misma y a la vista de una intervención, debe considerarse el papel que cumple la comunidad o el productor del campo en dicho escenario. En el campo de la educación y comunicación popular, se plantea una diferenciación entre la extensión y la comunicación en este diálogo que se establece entre el investigador y la comunidad.

Freire (1973), desde el siglo pasado, opone el concepto de comunicación al de extensión, asume la extensión como algo exterior e inmóvil que busca instrumentalizar una información en sujetos pasivos, señala que existe un equívoco gnoseológico pues se cree que los campesinos van a asumir un comportamiento lógico y advierte que por ello poco puede hacer la extensión en

generar transformaciones. La extensión no permite el diálogo, entendiendo este como el encuentro que permite la humanización y transformación del mundo (Freire, 1973, p 46). En la comunicación, por el contrario, no hay sujetos pasivos sino personas que en diálogo llegan a acuerdos, incluso en su lenguaje. La comunicación se da en un plano emocional, en tal sentido, contagia de sentidos y sentimientos el diálogo establecido. La comunicación se verifica en algo que mediatiza a los sujetos y que reconocen mutuamente en el nivel de lo concreto (Freire, 1973, p 78).

En este mismo sentido, Martín Barbero (1987), traslada el lugar del debate de los medios a las mediaciones, trasladando la comunicación al terreno de la cultura y el autorreconocimiento, advirtiendo que hay que observar los procesos en el tejido de las comunidades (p. 203). Mattelard (1994), concluye que el debate sobre el concepto comunicación se enmarca en la cultura, entendiendo ésta como la “memoria colectiva que hace posible la comunicación entre los miembros de una colectividad históricamente ubicada” lo que conforma una comunidad de sentido.

Desde perspectivas más desarrollistas como la comunicación para el desarrollo (CpD), concepto difundido por la Unesco y tomado como referente práctico de organismos adscritos a la ONU, promueve establecer sistemas de comunicación a partir de ejercicios dialógicos que logren que las comunidades expresen sus intereses y participen en las decisiones relacionadas con su desarrollo de manera sostenida (PNUD, 2011). Sin embargo, la misma FAO, como promotora de la CpD para contextos rurales, observa que este enfoque debe desplazarse de aspectos tecnológicos hacia consideraciones que vinculan las brechas sociales que afectan el desarrollo rural.

Establecer un ejercicio de comunicación o educación desde un saber técnico que apenas busque instrumentalizar a las comunidades es un ejercicio poco eficaz si lo observamos desde la



capacidad colectiva de generar transformaciones culturales. Los procesos de transición agroecológica surgen y conllevan a transformaciones de tipo cultural que relacionan cambios en las formas de producción, en las relaciones sociales de las comunidades y en la relación de la población con su entorno (Nicholls, 2017).

## **2.11. La IAP como metodología de Investigación- Acción Participativa**

La IAP como metodología, está estructurada bajo los principios de la investigación-acción participativa, dada su capacidad de articular los saberes propios y dinámicas sociales y culturales de las comunidades hacia la solución de problemáticas concretas. La IAP une la experiencia de los no investigadores (agricultores, actores locales) con personas formadas académicamente en investigación (Méndez, 2018). La IAP ubica a las comunidades no sólo como actores importantes en el proceso de investigación, sino como los agentes de cambio que hacen sostenibles las acciones derivadas de la intervención.

### **2.11.1. Las Etapas de la IAP**

El proceso de IAP se divide en las siguientes etapas:

#### **2.11.1.1. Etapa 1. Preflexión**

En esta etapa se prepara y se planifica la investigación junto a la comunidad para generar confianza, establecer expectativas y refinar las preguntas de investigación.

#### **2.11.1.2. Etapa 2: Diagnóstico participativo**

El diagnóstico participativo consta de un primer momento de recolección de información y de un segundo momento de sistematización y análisis.

La recolección de información se realiza con varias técnicas cualitativas que garantizan la participación, diagramas de relaciones, cartografía social, recorridos territoriales y discusiones grupales orientados por una matriz diagnóstica. El momento de sistematización y análisis se

realiza por los grupos de investigación, éstos aportan sus conocimientos teóricos y técnicos para la explicación de la información recolectada y busca proporcionar una mirada global de los problemas particulares identificados, dicho análisis debe ser puesto a disposición y a la interpelación de la comunidad para realizar el diálogo de saberes (Ander-Egg,1990), esta interpelación debe darse preferiblemente en espacios conformados por la misma comunidad, como en este caso la agenda de la JAC.

#### **2.11.1.3. Etapa 3: Formulación de estrategias de intervención.**

La etapa 2 es el punto intermedio entre la acción y el diagnóstico, en ésta se construye con la comunidad un plan de acción. La formulación se realiza a través de grupos focales para la planeación rural participativa, con los cuales se identifican, siguiendo la propuesta para la IAP de Ander-Egg (1990), lo deseable, lo probable y lo posible. Lo deseable es la definición de un objetivo general, de mediano y largo plazo; lo probable es la identificación de los factores materiales, sociales, económicos, etc., que puedan facilitar o dificultar el cumplimiento de dicho objetivo; lo posible es la definición de las acciones que, en efecto, se pueden realizar de forma inmediata con los recursos disponibles.

#### **2.11.1.4. Etapa 4: Ejecución.**

La ejecución del plan de acción. El diálogo de saberes adquiere su materialización en esta fase pues es donde la comunidad y los investigadores se unen en la implementación de un programa diseñado conjuntamente.

En esta fase es crucial el circuito reflexión-acción-reflexión en el cual las actividades que se están poniendo en práctica son revisadas por las comunidades para responder de forma más precisa a los problemas que pretenden resolver.

Cabe aclarar que estas etapas de la investigación no siempre se dan de manera sucesiva y lineal, pues están sujetas a las mismas dinámicas comunitarias y participativas del diálogo generado.

### **2.11.2. El Análisis de correspondencia múltiple (ACM) como herramienta para analizar la información obtenida.**

El análisis de correspondencia múltiple (ACM) se usa generalmente para analizar un conjunto de datos de una encuesta, sus individuos, variables y categorías (Rencher, 2012).

Esta es una técnica que permite estudiar las relaciones entre las distintas modalidades de las variables categóricas (que sirven para agrupar) y a través del álgebra lineal, generan puntos de representaciones gráficas.

En general el procedimiento consiste en construir una matriz simétrica por bloques llamada Tabla de Burt ( $B$ ), que es la matriz que contiene las tabulaciones cruzadas para cada pareja de variables categóricas y es el análogo de la matriz de covarianzas para variables continuas. Esta es una matriz disyunta completa que contienen en los bloques de la diagonal principal las tablas de frecuencia del cruce de una variable consigo misma y fuera de la diagonal, están las tablas de frecuencia del cruce entre las distintas variables.

Luego de la diagonalización de esta matriz con  $p$  variables, una matriz disyunta  $D$  y la matriz de Burt  $B = DtD$ , se obtienen los auto valores (medida de variabilidad captada por cada uno de los ejes) y auto vectores asociados a cada uno de los ejes extraídos; de tal manera que el primer eje explica la mayor parte de la relación entre filas y columnas, el segundo eje explica la mayor parte del residuo de la relación entre filas y columnas no explicada por la primera y así sucesivamente con el resto de los ejes. Geométricamente, la proximidad de los puntos indica las asociaciones estadísticas entre las modalidades e individuos. En el análisis también es importante descartar, la posibilidad de incluir las variables suplementarias, las cuales no son usadas para el cálculo de los ejes, pero pueden usarse de referencia geométrica para la interpretación de resultados (Díaz Monroy & Morales Rivera, 2012).

## **2.12. La Quinua**

### **2.12.1. Importancia de la quinua**

“La FAO 2001 hace referencia a la quinua, *Chenopodium quinoa* Willd. como un cultivo andino, que es un pseudo cereal domesticado hace miles de años por las antiguas culturas de la región Andina de Suramérica. Es considerado como el único alimento vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos y vitaminas y no contiene gluten. Por otro lado, el cultivo tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos. Teniendo en cuenta estas características cuyo valor es difícilmente superable por alimento alguno, plantea: frente a la necesidad global de identificar cultivos que tengan el potencial de producir alimentos de calidad en un contexto de cambio climático en progreso (Bazile, 2014; FAO, 2014). La quinua es una alternativa para que aquellos países que sufren de inseguridad alimentaria para que tengan la oportunidad de producir sus propios alimentos” (González, 2013; Montaña, 2006).

Ante la difusión del conocimiento de sus cualidades, el interés mundial por el cultivo de la Quinua se ha propagado desde los países donde tuvo su origen, Bolivia, Perú y Ecuador. En décadas pasadas se ha ido extendiendo en diferentes países y continentes: Estados Unidos, Francia, Inglaterra, Suecia, Dinamarca, Holanda, Italia, Marruecos, Egipto, Kenia, India y China, por ser un cultivo que se puede sembrar en distintas altitudes y latitudes con excelentes resultados (Nieto, 2018).

### **2.12.2. Origen y distribución**

La quinua se cultiva desde épocas prehispánicas. Diversos autores e investigadores identificaron al altiplano boliviano como el centro de diversidad genética de la quinua (Fagan & Durrani, 2010; Gandarillas Santa Cruz, 1976). Posteriormente y usando marcadores SSR (Secuencias Simples Repetidas), se identificó el centro de diversidad genética en el área del altiplano entre Perú y Bolivia. Mientras que en las regiones de Ecuador y Argentina presentaban limitada diversidad

(Christensen et al., 2007).

Wilson (1990) señala que *Chenopodium hircinum* L., ampliamente distribuida en los Andes, es probablemente uno de los progenitores de la quinua, que a partir de allí evolucionaron y se domesticaron las actuales especies de quinua (FAO y CYRAD, 2014). Sin embargo, Mujica (2015) menciona que existen al menos cuatro especies silvestres de *Chenopodium* afines a la quinua y que están ampliamente distribuidas en el sur de los Andes como parientes denominadas *Chenopodium carnosolum*, *Ch. hircinum*, *Ch. incisum* y *Ch. petiolare*.

Según otros autores, la evidencia de la amplia presencia de parientes silvestres de la quinua en los Andes Centrales es evidencia de su origen y domesticación. En el Altiplano puneño, la presencia de quinuas silvestres en los campos de cultivo de quinua es frecuente y son conocidas como “Ayara” o “Ajara” y al ser consideradas malezas son eliminadas de los campos de cultivo (Delgado & Apaza, 2005).

La quinua se encuentra distribuida desde Sudamérica a lo largo de los Andes, extendiéndose desde el sur de Colombia a 5° latitud norte hasta la décima región de Chile a 43° latitud sur, a alturas que van desde el nivel del mar como por ejemplo las tierras bajas de Chile hasta los 4000 msnm en zonas del altiplano de Perú y Bolivia (Bhargava & Srivastava, 2013).

También se encuentra presente en México y en Norte América en Estados Unidos y Canadá; en Europa se cultiva en España, Dinamarca y Dubái (Emiratos árabes); también su cultivo se ha promovido en Rusia; actualmente se cuentan 126 países cultivadores de quinua (Paredes Prado, 2021).

En Colombia la Quinua se cultiva en las mismas zonas que la papa, las habas, la arveja, hortalizas y otros cultivos de clima frío de 1.800 a 3.000 m.s.n.m principalmente en Nariño, Cauca, Cundinamarca y Boyacá. No obstante, en Perú se cultiva en altitudes que van desde 0 m.s.n.m

hasta los 4.000 m.s.n.m. en Bolivia. Colombia por la alta variabilidad de suelos y climas podría ser potencia mundial en producción de quinua, sin embargo, no ha prosperado el cultivo y menos la agroindustria por las diversas razones.

### 2.12.3. Aspectos nutricionales y usos de la quinua.

La quinua posee cualidades nutricionales superiores a los cereales y gramíneas como el maíz o el arroz. Se caracteriza por la calidad de sus proteínas determinada por los aminoácidos esenciales que contiene: isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina (Ayala, 2004).

En la tabla 1, se hace la comparación de la composición de aminoácidos de algunos alimentos de origen animal y de origen vegetal.

**Tabla 1.** Comparación de aminoácidos contenidos en el grano de quinua, con otros alimentos (mg de aminoácidos /g de proteína).

Aminoácidos	Quinua	Arroz	Maíz	Trigo	Frijol	Carne	Pescado	Leche	Patrón FAO
Arginina	6,8	6,9	4,2	4,5	6,2	6,4	5,1	3,7	5
Fenilalanina	4	5	4,7	4,8	5,4	4,1	3,7	1,4	6
Histidina	2,8	2,1	2,6	2	3,1	3,5	-	2,7	3
Isoleucina	7,1	4,1	4	4,2	4,5	5,2	5,1	10	4
Leucina	6,8	8,2	12,5	6,8	8,1	8,2	7,5	6,5	7
Lisina	7,4	3,8	2,9	2,6	7	8,7	8,8	7,9	5,5
Metionina	2,2	2,2	2	1,4	1,2	2,5	2,9	2,5	3,5
Treonina	4,5	3,8	3,8	2,8	3,9	4,4	4,3	4,7	4
Triptófano	1,3	1,1	0,7	1,2	1,1	1,2	1	1,4	1
Valina	3,4	6,1	5	4,4	5	5,5	5	7	5

Fuente: Tapia M y otros, ERPE; INIAP; IICA; GTZ, citados por (Romo, Rosero, Forero, & Cerón, 2006).

Se presenta como una alternativa para ser cultivada en muchos países que sufren inseguridad alimentaria, debido a que los usos de la planta son diversos: es utilizada como forraje en la cría de bovinos, caprinos, aves, porcinos, equinos debido a que su biomasa fresca contiene entre el 13 y el 18% de proteína y buena digestibilidad (Reyes Montaña, Ávila Torres, & Guevara Pulido, 2006).

Es importante como alimento directo para el hombre, sus hojas frescas jóvenes, son ricas en proteína y se utilizan en ensaladas. Las semillas procesadas contienen entre 12 y 21% de proteína y son ricas en aminoácidos esenciales y no esenciales (Berdugo Agudelo, 2014). A partir del grano perlado se obtienen: harinas, galletas, salsas, fideos, albóndigas, postres, hojuelas, bebidas, sopas, yogurt, coladas, etc. (Dueñas Quintero, 2014; Montoya et al., 2005; IICA, 2015). En la industria farmacéutica y nutracéutica se aprovechan sus pigmentos naturales, como las saponinas y otros metabolitos secundarios (Carrillo Gualancañay, 2019).

#### **2.12.4. Variedades de la quinua en Colombia**

De acuerdo a Berdugo (2014), se encuentran en Colombia cultivos de variedades amargas, semidulces y dulces, dependiendo del contenido de saponinas. La principal variedad amarga utilizada en la Sabana de Bogotá es la Amarilla de Maranganí; las principales variedades dulces sembradas en el altiplano Cundiboyacense son: Tunkahuan y Blanca Dulce; en el Departamento de Nariño se siembran las variedades Quillacinga, Piartal, Aurora y Tunkahuan (Casas Forero, 2016). Existe una variedad propia del departamento de Boyacá, denominada Blanca de Jericó, que es de porte alto, semitardía y posee una ramificación abierta desde la base y presenta la panoja de color blanco-rosado (Delgado, Palacios, & Betancur, 2009).

**Tabla 2.** Variedades de quinua en Colombia.

<b>Variedad quinua</b>	<b>Origen</b>	<b>Zonas de Producción</b>	<b>Características</b>
<b>Tunkahuan</b>	<b>Norte de Ecuador</b>	<b>Cundinamarca, Boyacá</b>	<b>Dulce, Agroalimentaria</b>
<b>Blanca de Jericó</b>	<b>Boyacá (Colombia)</b>	<b>Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Cauca</b>	<b>Dulce, Agroalimentaria</b>
<b>Primavera</b>	<b>Boyacá Colombia</b>	<b>Cauca</b>	<b>Dulce, Agroalimentaria</b>
<b>Aurora</b>	<b>Universidad de Pasto Nariño (Colombia)</b>	<b>Nariño, Cauca</b>	<b>Dulce, Agroalimentaria</b>
<b>Blanca de Junín</b>	<b>Junín (Perú)</b>	<b>Cundinamarca, Boyacá</b>	<b>Dulce, Agroalimentaria</b>
<b>Amarilla de</b>	<b>Cusco y- Apurímac</b>	<b>Boyacá,</b>	<b>Amarga, medicinal,</b>
<b>Maranganí</b>	<b>(Perú)</b>	<b>Cundinamarca, Nariño</b>	<b>subproductos</b>
<b>Piartal</b>	<b>Norte de Ecuador</b>	<b>Boyacá, Cundinamarca, Nariño</b>	<b>Dulce, Agroalimentaria</b>

### 2.12.5. Usos de la quinua en la alimentación animal

En los siguientes apartes se hace referencia a trabajos de investigación realizados sobre diferentes formas de utilización de la biomasa de la quinua para alimentación animal.

Pulido-Suárez *et al.*, (2019) revisaron el valor nutricional del ensilaje de forraje de la quinua, en adición de microorganismos eficientes, mediante una caracterización de la calidad nutricional de esta planta debido a la posibilidad de reducción de costos en la producción animal: “el alto contenido de fibra del ensilaje de quinua, supera casi tres veces al contenido de otros ensilajes, lo cual podría ser una ventaja para regular una tasa de pasaje de las partículas de alimento más equilibrado y por ende un mayor tiempo de retención y mayor aprovechamiento de los nutrientes” (Pulido et al., 2019, p. 25).

Para ello, se analizó la calidad nutricional, en la variedad de quinua amarilla de Maranganí, aplicando los microorganismos eficientes, en diversas edades de la quinua y analizando



posteriormente variables como la humedad, el porcentaje de cenizas y la proteína cruda. Se encontró un impacto positivo de los microorganismos eficientes sobre la planta, lo que potencia el uso multipropósito de la planta, además del ya conocido uso para la alimentación humana. Bañuelos et al., (1995) realizaron una evaluación de 18 variedades de quinua en Montecillo, en México, sobre su uso como forraje, desarrollando un estudio importante, debido a que para la época existía muy poca información sobre el potencial forrajero de esta planta. Dentro de estas variedades, se incluyó una variedad de color rojo, el resto fueron verdes.

Así mismo, otros autores resaltan la reducida cantidad de información respecto al potencial del follaje de la quinua como forraje, a pesar del amplio uso de ella en diversos países: “Es una planta que debe adaptarse a las condiciones de deterioro ambiental de la región, lo que puede aumentar el interés de los productores regionales por este cultivo, en especial los de menores recursos” (Pulido et al., 2019, p. 25).

En este caso, se analizaron variables como el rendimiento de la materia seca MS, la concentración de fibra insoluble en detergente neutro FIDN, la proteína cruda PC, la proteína soluble PS y su digestibilidad en plantas; todas estas, en diferentes ciclos vegetativos, es decir: precoces, intermedias y tardías. En el caso de la materia seca, se encontraron buenos resultados en las variedades tardías, que, aunque poseen una menor digestibilidad que las otras, la compensan con un mayor rendimiento en cuanto a la materia seca (Bañuelos et al., 1995). Para las otras variables, no existen mayores diferencias en torno a lo precoces que son las plantas.

Así mismo, los autores plantean el enorme potencial de la quinua como forraje en rumiantes, debido a los altos rendimientos y al alto contenido de proteína presente en la planta, independientemente de la precocidad de ésta: “El contenido de proteína de la quinua puede considerarse adecuado para la actividad de los microorganismos ruminales y para estimular el consumo y digestión del forraje” (Bañuelos et al., 1995, p. 15).

García et al. (2021), analizaron el uso de la paja de quinua como alimento para ganado lechero en Chimborazo, Ecuador. La idea surge, ya que luego de la producción de la quinua para consumo humano, el rastrojo y paja es quemado, lo que genera un daño ambiental y que es desperdiciado, ya que esta planta se trilla en tiempo seco, que coincide con el tiempo de escasez de alimento para el ganado lechero, lo que lo convierte en una opción viable como suplemento alimenticio en tiempo seco, ya que este ganado en dicha zona depende de los pastos, y se usa la suplementación para mejorar la productividad, pero el costo suele ser elevado.

Por ello se propone el uso de la paja de esta planta, ya que es una alternativa económica, en comparación con los alimentos suplementarios convencionales, con el ánimo de que los ganaderos dependan cada vez menos de los insumos externos (García et al., 2021).

Se propone entonces, combinar el rastrojo de la quinua con la calcha de maíz, en una proporción de 20% a 80%, lo que reduce la dependencia del concentrado comercial y los costos de producción, así como disminuir los daños ambientales derivados de la mala disposición final de la paja de la quinua: “La utilización de paja de quinua para ensilaje disminuye la quema y los efectos de contaminación en zonas andinas” (García et al., 2021, p. 1374).

Cadena Yanchapaxi (2016) visualiza la importancia del forraje de la quinua en la alimentación de ovinos, analizó la degradación y la digestibilidad de la materia seca del rastrojo de la quinua, para comprender el potencial que tiene como forraje en el ganado ovino.

Realizó un análisis de los efectos de la ingesta de quinua sobre el rendimiento productivo en ovinos y en producción de gas *in vitro*, para ello se estudiaron variables como: “consumo voluntario, ganancia de peso, conversión alimenticia, degradación ruminal *in situ* MS, para cual se escogieron 18 ovinos y se les alimentó con kikuyo (que es otra planta gramínea) o con mezclas de kikuyo y rastrojo de quinua, en diferentes proporciones. Dentro de los resultados más destacados se encontró que el rastrojo de quinua, es conveniente incluirlo en la dieta de los ovinos

hasta en un 20% para mejorar su productividad (Cadena Yanchapaxi, 2016, p. 36). Además, esta alternativa de forraje, mejora la sostenibilidad de la producción ovina, siendo amigable con el medio ambiente, pues la especie suele cultivarse para consumo humano en la zona andina, y su rastrojo llega incluso a desperdiciarse.

Esto permite reconocer además la ventaja que existe en el aprovechamiento de esta especie como forraje por su rentabilidad: “La asociación de forrajeras incrementa la productividad y rentabilidad del productor, más aún los pastizales naturales en asociación de gramíneas leguminosas, pueden sobrellevar una carga de 20 a 40 cabezas de ganado ovino por hectárea” (Cadena Yanchapaxi, 2016, p. 36).

#### **2.12.6. El Mildeo (*Peronospora variabilis* Gäum) enfermedad limitante de la Quinoa**

La quinoa se ve afectada por enfermedades de importancia (Mujica, 2013) . El mildeo, causado por *Peronospora variabilis* Gäum es la enfermedad más crítica en la Quinoa (Gómez y Aguilar 2016), aunque se presentan otras enfermedades consideradas como secundarias: la Podredumbre radicular *Rhizoctonia solani*; Manchas foliares *Ascochyta hyalospora*; Ojo de gallo *Cercospora sp*; Mancha ojival del tallo *Phoma spp*; Moho verde *Cladosporium sp.* y la Mancha bacteriana *Pseudomonas spp*; (Choi, 2008). *Peronospora variabilis* Gäüm. ha sido identificado y detectado infectando a la quinoa, mediante estudios morfológicos, histológicos y moleculares (Choi et al., 2010; El-Assiuty et al., 2019 a; El-Assiuty et al., 2019 b; Taha, 2020).

Los daños más notorios de la enfermedad se presentan en las hojas, son manchas cloróticas con áreas necróticas centrales, ocasionan la reducción del área fotosintética y posterior defoliación y consecuentemente afecta en el desarrollo de la planta y reduce el rendimiento entre 10 y el 30 % (Danielsen et al., 2003; Choi et al., 2010; Acuña 2008; Galdames et al., 2017). (Cruces, 2016). (Ramírez, H., Mattos, L., & Risco, A., 2020).

La enfermedad ha sido reportada en todas las áreas de cultivo de la quinua. Las temperaturas frescas y humedad relativa alta, mayor al 80%, son ideales para un desarrollo rápido y para la dispersión de la infección (Danielsen et al., 2003).

Las pérdidas productivas estimadas, han fluctuado entre un 33% a un 99%, en evaluaciones experimentales realizadas en Perú con diferentes genotipos y bajo condiciones de alta presión de infección, (Danielsen et al., 2001). En ambientes secos y/o de baja humedad relativa, la enfermedad no reviste inconveniente (Danielsen et al., 2003).

Para reducir la severidad de la enfermedad, en Bolivia, se aplican prácticas culturales que contribuyen a minimizar la humedad relativa en el microambiente del cultivo, como reducir la densidad de plantas, orientar las hileras en la dirección de los vientos predominantes y evitar el exceso de agua en el suelo (Danielsen et al., 2003).

Dentro de las prácticas sugeridas para el control del mildew en la Región de La Araucanía al sur de Chile se incluye: siembras tempranas, evitar el monocultivo, rotación de cultivos (idealmente repetir quinua cada 3 años); eliminar rastrojos o residuos infectados; emplear semilla sana o libre de infección; evitar poblaciones muy altas de plantas y realizar un buen control de malezas, que puedan actuar como fuente de inóculo. Aplicaciones de fungicidas foliares (Díaz S. , 2019).

#### **2.12.7. Insumos fitosanitarios utilizados por los cultivadores de la quinua**

Los daños generados a la salud de los agricultores y al medio ambiente debido al uso indiscriminado de plaguicidas han aumentado en los últimos años. El uso intensivo y generalizado de estos productos ha creado varios problemas relacionados con la salud pública, desequilibrio del medioambiente y el comercio de alimentos.

Según PROMPERÚ, el año 2016 se registraron devoluciones de alimentos, entre ellos la quinua, de parte de los Estados Unidos y se reportó que el 34 % de los motivos de rechazo fue por la

presencia de residuos de plaguicidas, informó también, que en el año 2017 las devoluciones de la quinua se debieron en un 30 % a la presencia de plaguicidas residuales en cultivos de importancia económica que se exportan a los Estados Unidos y otros países del mundo.

En relación con el uso de agroquímicos, los cultivadores de quinua utilizan insumos que ellos llaman preventivos, para las plagas y las enfermedades. Según Chirinos (2019), para prevenir el gusano defoliador y el gusano de tierra, se utilizan piretroides y organofosforados: metamidos y clorpirifos y piretroides como la deltametrina y la cipermetrina para la polilla y la mosca minadora.

También presenta un cuadro de frecuencia de 8.5 aplicaciones por ciclo, de fungicidas para el mildeo, dentro de los cuales aparecen los siguientes:

-Ridomil (Mefenoxam 4% p/p + Mancozeb 64% p/p Categoría toxicológica: III Ligeramente peligroso - clasificación FRAC A1.

-Previcur (Fosetil 31% + Propamocarb 53% p / v. SL » Asociación de Fosetil Clasificación OMS: III -Ligeramente peligroso).

-Biosafe (Composición: Didecyldimetilamonio-cloruro 2,88g, Dioctildimetil amonio-cloruro 1,92g, Octyldecilmetil amonio-cloruro 4,8g, Alkyldimetil bencil amonio-cloruro 6,4g, -Glutaraldehído 6,0g/100ml- Categoría Toxicológica, Alliet Fosetil-AI 80%. WG, Etilfosfonato fungicida Categoría, Toxicologica II, Serenade ingrediente Activo: bacillus subtilis, Categoría Toxicológica IV.

Ortega et al., 2016, citado por Chirinos (2019) realizó el trabajo de investigación sobre la “determinación de plaguicidas organoclorados en granos de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) utilizando el método QuEChERS”. En dicha investigación fueron determinados en “quinua orgánica” (“libres de plaguicidas”), recolectadas en Puno-Perú, 12 plaguicidas organoclorados.

En otro trabajo Chirinos 2019, cuyo objetivo fue evaluar los residuos del clorpirifos, un insecticida organofosforado, en 12 muestras de quinua, de un campo proveniente del distrito de La Molina de la región Lima, se determinó que todas las muestras analizadas contenían residuos de este plaguicida.

El Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú en el año 2014, citado por Chirinos (2019) reportó residuos de 18 plaguicidas en los análisis de las 50 muestras de quinua.

Peñaranda (2007), en su trabajo de tesis sobre el cultivo de quinua asociado con otras especies en Santiago de Huata provincia Omasuyos, La Paz, reportó que se aplicó un insecticida piretroide de amplio espectro de nombre comercial Karate, con el fin de prevenir ataques de insectos y gusanos, el cual es un insecticida a base de Lambdacyalotrina que penetra rápidamente a través de la cutícula del insecto alterando la conducción de los impulsos nerviosos por medio del retardo que causa en el cierre de los canales de sodio de los axones de las células del sistema nervioso.

El mismo autor, Peñaranda (2007) señaló que, con el objetivo de prevenir enfermedades fungosas en quinua, especialmente el mildeo, se aplicó el funguicida de amplio espectro Benlate, a una dosis de 20 gr. de producto para 0,5 lt de agua y 200 lt de mezcla por hectárea, la dosis recomendada que se utilizó fue de 8 Kg. de producto por hectárea. El nombre común de Benlate es Benomyl y pertenece al grupo químico de las Benzimidazoles.

Zirena (2010) en su estudio sobre “Evaluación del método QuEChERS para la cuantificación de agrotóxicos en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)”, cuyo objetivo fue la identificación y cuantificación de 18 plaguicidas en 24 muestras de quinua “orgánica” provenientes del departamento de Puno, demostró que todas las muestras presentaban concentraciones de diferentes plaguicidas (insecticidas y fungicidas). Todas ellas incumplen los requisitos de los Estados Unidos que prohíbe el ingreso de quinua con la presencia de plaguicidas no registrados a cualquier concentración.

### **2.13. Importancia de la papa (*Solanum tuberosum* L.) y del haba (*Vicia faba* L.) en la zona andina de Colombia.**

La seguridad alimentaria no solamente implica la disponibilidad de alimentos para la población, también incluye que dichos alimentos estén acorde a la cultura, hábitos de consumo y utilización biológica en las comunidades. Las papas nativas son un valioso recurso genético, adaptado a los diversos ambientes de clima frío del país, representa una riqueza aún desconocida y con posibilidades de incrementar los ingresos de los agricultores de papa en la zona cundiboyacense y que además puede contribuir a procesos de mejoramiento debido a sus características nutricionales y agronómicas (Guevara et al., 2014).

Según Chávez (2017), la papa es el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo, precedido por el arroz, el maíz y el trigo, posicionándose como el alimento no cereal más consumido en el planeta; este producto se caracteriza por sus altos contenidos de carbohidratos y es consumida en cada uno de los continentes.

“La papa es un alimento versátil y tiene un gran contenido de carbohidratos, es popular en todo el mundo y se prepara y sirve en una gran variedad de formas. Además, tiene poca grasa, abundantes micronutrientes, sobre todo vitamina C: una papa media, de 150 gramos, consumida con su piel, aporta casi la mitad de las necesidades diarias del adulto (100 mg). La papa contiene una cantidad moderada de hierro, pero el gran contenido de vitamina C fomenta la absorción de este mineral. Además, este tubérculo tiene vitaminas B1, B3 y B6, y otros minerales como potasio, fósforo y magnesio, así como folato, ácido pantoténico y riboflavina. También contiene antioxidantes alimentarios, los cuales pueden contribuir a prevenir enfermedades relacionadas con el envejecimiento, y tiene fibra, cuyo consumo es bueno para la salud” (FAO, 2008), (Martínez Camelo, 2015).

Jarillo et al. (2017), sobre el haba, *Vicia faba* L., en la región de la sierra norte del estado de Puebla, la describe como una especie de alto potencial productivo, nutritivo, ecológico y económico y social. Complementa su información planteando que cumple con un papel importante en la seguridad alimentaria de las familias campesinas.

Además, la define como un cultivo que podría beneficiar a los pobladores de Zaragoza, Puebla que se encuentran en situación de pobreza” (Jarillo et al., 2017).

### **2.13.1. Las papas nativas (*Solanum tuberosum* L.)**

De acuerdo con Martínez Camelo (2015), “las papas nativas (*Solanum spp.*) son producto de la domesticación, selección y conservación de comunidades indígenas y campesinas de los andes, quienes las cultivaban por su resistencia a plagas y enfermedades y por su facilidad de adaptación y tolerancia a estreses bióticos y abióticos (Cuesta et al., 2010), registran que sólo en Perú y Bolivia hay más de 3.800 variedades de papas nativas, que se producen con tecnologías de baja mecanización y adición de insumos para su producción (Caycho et al., 2009). Existen alrededor de 5.000 variedades nativas, cuya mayor diversidad se encuentra en su microcentro de origen, altiplano de Perú y Bolivia (Devaux y Ordinola, 2012). Sin embargo, según autores como Palomino et al., (2010) Perú posee el mayor número de papas nativas.

En Colombia este cultivo ocupa el noveno renglón entre los productos agrícolas más cultivados a nivel nacional y genera unos 80.000 empleos directos y más de 230.000 indirectos tanto en las zonas rurales como urbanas. Las papas comerciales, presenta una mayor demanda de fungicidas e insecticidas para el control de sus problemas fitosanitarios y es el segundo cultivo en utilización de fertilizantes (ICA, 2011).

Las papas nativas constituyen en una alternativa viable desde lo económico, lo social y lo ambiental ya que su cultivo se fundamenta en prácticas y conocimientos que conservan la agrobiodiversidad y la cultura de las zonas en donde se producen (Meinzen et al., 2011).



La conservación de las papas nativas hace compatibles las ópticas ecológica y socioeconómica, facilita la transdisciplinariedad y la participación comunitaria y en su proceso de revalorización se han aplicado los principios de conservación.

Además, las papas nativas se cultivan en arreglos que diversifican la producción agraria (Ritter, et al., 2009) y que no requieren controles químicos o manejos complejos. Se han identificado ventajas en los cultivos diversificados, para disminuir la erosión del suelo y el uso de insumos, ya que existe un equilibrio ecológico que impide el desarrollo de plagas y enfermedades y se mantiene la fertilidad del suelo, lo cual deriva en la simplificación del manejo y la disminución de presiones sobre los sistemas agrícolas (Galluzzi et al., 2010).

Las papas nativas tienen el potencial para diversificar la producción agraria, contribuir a la seguridad alimentaria, ayudar a los fitomejoradores y acceder a nuevos mercados (Ritter et al., 2010), ya que las variedades de papa nativa son consideradas como nuevas en el mercado y dan ventajas comerciales (Salaiz et al., 2005).

En el informe sobre el trabajo: "La papa nativa en Boyacá un esfuerzo de cohesión desde la cadena productiva" en el cual se registra el resultado de la investigación llevada a cabo para el desarrollo de productos a partir de papa nativa, como alternativa viable de agregación de valor (Gobernación de Boyacá, 2021). Se plantea, que la papa nativa como concepto, desde la academia tradicional no es más que un producto de soporte a las condiciones alimenticias y que hay desconocimiento de las condiciones sociales y culturales que hay detrás de su cultivo. "Se define a la papa nativa como un tubérculo andino que cuenta con una serie de características o propiedades fisicoquímicas especiales que facilitan las condiciones de generación de nuevos productos tales como chips y almidones".

Desde la construcción realizada a partir de la experiencia y vivencia de los productores campesinos de Boyacá, se reconstruye el concepto partiendo, de al menos cinco dimensiones en su análisis:

Desde la dimensión físico-geográfica. Definida desde el territorio, se considera autóctono de las montañas andinas lo que da características especiales ligadas tanto a lo físico como a lo cultural, “La papa nativa es de Los Andes”.

Desde la dimensión ecológico-ambiental se define desde la dualidad de lo orgánico y lo químico como formas de producción. “El mercado ha llevado a la papa nativa a entrar en procesos de productividad sobre calidad, por consiguiente, a la aceptación del uso de químicos en su producción”

Desde la dimensión sociocultural: “definida desde la concepción ancestral del cultivo, la papa nativa junto a tantos otros productos agropecuarios representa para Colombia una tradición ligada al campesino y a sus relaciones sociales. Alrededor de este producto hay mercados de intercambio que se fundamentan en el trueque y la protección de las semillas”.

Desde la dimensión “tecno-económica tal vez es la más importante de las dimensiones de definición del concepto papa nativa pues incluyen factores productivos determinantes como las condiciones de mercado, transformación y distribución” (Gobernación de Boyacá, 2021).

Desde la “político-ideológico: entendida como la concepción institucional y el papel del Estado en el reconocimiento del producto. Se manifiesta la clara necesidad de una política pública que incluya órdenes locales, gubernamentales y nacionales para dar a conocer la producción, características y formas que están detrás de la papa nativa” (Gobernación de Boyacá, 2021).

### 2.13.2. Impacto del cultivo del Haba (*Vicia faba* L.) en los Andes

Según Álvarez et al. (2019) el haba (*Vicia faba* L.) es una especie subcosmopolita, posiblemente, originada en el Cercano Oriente o en Asia Menor, a partir de ancestros desconocidos (Duc et al., 2015). Pertenece a la familia Fabaceae, que es la más importante del orden Fabales, considerada la tercera familia de las Angiospermas, en cuanto al número de especies y en el segundo lugar, en importancia económica (De la Rosa & Fajardo, 2016). “La migración del haba a Sudamérica, especialmente a los Andes, ocurrió durante el siglo XV, junto con la conquista española y portuguesa (Duc et al., 2015), con la introducción de una multiplicidad de materiales, que fueron seleccionados de manera natural, por lo que quedan solo aquellos que se adaptaron a las condiciones de trópico, lo que proporciona una fuente valiosa de variación genética” (Horque, 2004).

“Las semillas contenidas en vainas, se utilizan, principalmente, para consumo humano secas o frescas; presentan un elevado contenido proteico, que varía entre el 16 y el 35 %, de acuerdo con la variedad y las condiciones ambientales (Pérez et al., 2015; Karkanis et al., 2018; Khazaei & Vandenberg, 2020). Son una fuente de aminoácidos esenciales y poseen altos contenidos de K, Ca, Mg, Fe y Zn (Khazaei & Vandenberg, 2020). “El haba, también se emplea en la alimentación de animales (Duc et al., 2015). Además, por la capacidad que tienen las raíces para establecer simbiosis con las bacterias *Rhizobium leguminosarum*, que le permiten fijar nitrógeno atmosférico, y con la micorriza vesículo-arbuscular importante en la asimilación del P y en la ampliación del sistema de asimilación de agua y nutrientes, es utilizada para preservar la fertilidad del suelo y generar mayor actividad biológica” (Karkanis et al., 2018; Khazaei & Vandenberg, 2020).

“En Colombia el cultivo del haba se basa en el uso de variedades locales en sistemas de baja inversión, donde los agricultores destinan la cosecha, especialmente, para autoconsumo. Se

registra un promedio de producción de 7.304 toneladas de haba en fresco, en un área sembrada de 1.084 hectáreas, siendo Nariño el principal departamento productor, a nivel nacional, con una concentración del 80 % de la cosecha del país” (MADR, 2021). Cabe señalar que, en las últimas dos décadas, la modificación en la dinámica agrícola de la región alto andina del departamento de Nariño ha causado presión, especialmente, sobre los cultivos de baja rentabilidad económica y de autoconsumo, poniendo en riesgo a diferentes sistemas de producción tradicionales (Álvarez et al., 2019). En el caso del haba, se redujo el área sembrada de 2.000 ha, en 1999, a un estimado de 630 ha, para el 2019, con el consecuente impacto en la disminución de la siembra de diferentes variedades comerciales (Sañudo et al., 1999; MADR, 2021),

A pesar de esto, la variabilidad genética sigue siendo importante en este departamento, especialmente, en los sistemas campesinos, que han contribuido a la protección, la selección e intercambio de materiales de *Vicia faba* L., conscientes del valor que representa esta leguminosa en la dieta y la dinámica agrícola. Practicada por los productores la conservación in situ, en donde se conjugan los saberes del entorno, el comportamiento de la especie y un conocimiento heredado perfeccionado por la experimentación empírica (Díaz et al., 2008; Alvarez et al., 2019).

### **3. Capítulo 3. Metodología**

#### **3.1 Ubicación de las parcelas, tipificación de los agricultores y correlaciones.**

##### **Ubicación de las parcelas experimentales**

El estudio se llevó a cabo en tres localidades, del departamento de Cundinamarca Colombia. En cada localidad se estableció una parcela. La primera parcela llamada de referencia, se ubicó en el Centro Agropecuario Marengo (CAM) de la Universidad Nacional de Colombia (municipio de Mosquera) y las otras dos parcelas se ubicaron en los municipios de Guasca y Carmen de Carupa. Se seleccionaron estos dos municipios porque allí se siembra tradicionalmente la quinua, el haba, la papa, la cebolla, por sus condiciones agroecológicas y por su cultura de uso de estos

productos en la alimentación. La Caléndula se siembra como planta medicinal. Además, los municipios son zonas de fácil acceso y por sus condiciones sociales y de orden público que permitieron tener continuidad en el cuidado de los ensayos. Se procedió a hacer la tipificación de los productores en los dos municipios Guasca y Carmen de Carupa. La parcela de Marengo como se dijo anteriormente pertenece a la Universidad Nacional y es la parcela de referencia. En este sitio no hay productores y el ensayo fue atendido por el autor del trabajo y por los auxiliares del centro de investigación.

### **3.1.1. Tipificación de los productores en los dos municipios Guasca y Carmen de Carupa y correlaciones.**

Para la tipificación de los productores, se revisó la “Metodología para evaluación y reorientación de actividad ganadera con ineficiencia productiva” (Celestino et al., 2020) y se integró con la Metodología de agroecología y la investigación-acción participativa IAP (Méndez et al., 2018).

La IAP como metodología, está estructurada como su nombre lo dice, bajo los principios de la investigación-acción participativa, que permite articular los saberes propios y dinámicas sociales y culturales de las comunidades hacia la solución de problemáticas concretas. La IAP une la experiencia de los no investigadores (agricultores, actores locales) con personas formadas académicamente en investigación (Méndez et al., 2018).

La IAP ubica a las comunidades no sólo como actores importantes en el proceso de investigación, sino como los agentes de cambio que hacen sostenibles las acciones derivadas de la intervención. Teniendo en cuenta que la IAP se aplica mediante cuatro etapas, éstas se aplicaron teniendo en cuenta que las etapas de las investigaciones no siempre se dan de manera sucesiva y lineal, pues están sujetas a las mismas dinámicas comunitarias y participativas del diálogo generado.

## Etapa 1: Reflexión

Se identificaron, en cada uno de los dos municipios, los productores de quinua que se comprometieron a participar en el proceso de tipificación y estaban dispuestos a establecer las parcelas para hacer el manejo agroecológico de sus chagras y acompañar y seguir paso a paso el montaje y seguimiento de los ensayos. Se planificó la investigación de tal manera que se logró elaborar en conjunto el instrumento que contiene las preguntas de investigación.

Para probar el instrumento de evaluación debería hacerse una prueba piloto, que consiste: según Díaz y Gómez (2020) que consiste: “en un estudio pequeño o corto de factibilidad o viabilidad, conducido para probar aspectos metodológicos de un estudio de mayor escala, envergadura o complejidad”. En este estudio no se hizo una prueba piloto como tal, sino que se hizo una selección teniendo en cuenta los siguientes aspectos, que permiten evaluar el lugar o sitio ejecución del estudio, lo cual incluye: infraestructura, acceso a los participantes, disponibilidad y la responsabilidad la de información y la colaboración (Díaz, 2020).

El instrumento de medición diseñado es un cuestionario compuesto por preguntas cerradas que propiciaron respuestas cuantitativas y cualitativas con (5) cinco alternativas de respuesta. Se escogieron variables de cada una de las dimensiones para ser evaluadas de 1 a 5: (5) cinco variables de la dimensión social, (6) seis variables de la dimensión económica y (6) seis variables de la dimensión ambiental (Tabla 3).

**Tabla 3.** Variables de las dimensiones social, económica y ambiental para la tipificación de los productores en los dos municipios Guasca y Carmen de Carupa

Indicador	Variables	Valores medidos dentro de cada variable	
Social	Autosuficiencia alimentaria. Alimentos producidos en el sistema	5 Muy alto	Produce o vende 5 alimentos
		4 Alto	Produce o vende 4 alimentos
		3 Moderado	Produce o vende 3 alimentos
		2 Bajo	Produce o vende 2 alimentos
		1 Muy bajo	Produce o vende 1 alimento

	Grado de escolaridad (%) – Nivel educativo	5 Muy superior 4 Superior 3 Moderado 2 Bajo 1 Muy bajo	Nivel educativo Profesional y/o posgrado Nivel educativo Superior Técnico Nivel educativo medio-Secundaria Nivel educativo primaria Nivel educativo
	Participación organizaciones e integración familiar	5 Muy alto 4 Alto 3 Moderado 2 Bajo Solo 1 Muy bajo	Padres e hijos Padre y/o madre y alguno de los hijos Mayordomo-alguno de los padres Participa solo uno de los padres Ninguno
	Capacidad administrativa – (manejo de finca)	5 Muy Alto 4 Alto 3 Moderado 2 Bajo 1 Muy Bajo	Padres e hijos Padre y/o madre y alguno de los hijos Mayordomo-alguno de los padres Participa solo uno de los padres Mayordomo solo
	Impacto del cultivo de quinua en la comunidad	5 Muy Alto 4 Alto Impacto 3 Moderado 2 Bajo 1 Muy bajo	100% Beneficios para la comunidad 80% Beneficios para la comunidad 50% Beneficios para la comunidad 30% Beneficios para la comunidad 10% Beneficios para la comunidad
Económica	Productividad de quinua	5 Muy alto 4 Alto 3 Moderado 2 Bajo 1 Muy Bajo	2.5 ton/ha. a 3 ton/ha 2 ton/ha. a 2.5 ton/ha 1.5 ton/ha. a 2 ton/ha 1 ton/ha. a 1.5 ton/ha 1 ton/ha o menos
	Ingresos Semestrales	5 Muy alta 4 Alta 3 Moderado 2 Baja 1 Muy Baja	\$4 millones pesos \$ 3 a \$ 4 millones pesos \$ 2 a \$ 3 millones pesos \$ 1 a \$2 millones pesos \$ 1 o menos millones pesos
	Relación costo-beneficio – Cultivo Quinua (hectárea/Semestre)	5 Muy alto 4 Alto 3 Moderado 2 Bajo 1 Muy baja	\$5 o más millones \$4 a \$ 5 millones \$ 3 a \$ 4 millones \$ 1 a \$ 2 millones \$ 1 o menos millones
	Costo de Fertilizantes	5 Muy Alto 4 Alto 3 Moderado 2 Bajo 1 Muy bajo	\$ 200.000 o menos \$ 200.000 a \$400.000 \$ 400.000 a \$ 600.000 \$ 600.000 a \$ 800.000 \$ 800.000 o más
	Costo de Fungicidas e insecticidas	5 Muy Alto 4 Alto 3 Moderado 2 Bajo 1 Muy bajo	\$ 200.000 o menos \$ 200.000 a \$400.000 \$ 400.000 a \$ 600.000 \$ 600.000 a \$ 800.000 \$ 800.000 o más
	Ambiental	Diversidad Leñosas	5 Muy alto 4 Alto 3 Moderado 2 Bajo 1 Muy Bajo

	Riqueza arvenses	5 Muy alto	7 o más	arvenses X Ha
		4 Alto	6 a 5	arvenses X Ha
		3 Moderado	4 a 3	arvenses X Ha
		2 Bajo	2 a 1	arvenses X Ha
		1 Muy Bajo	0	arvenses X Ha
	Macrofauna asociada	5 Muy alto	15 o más	individuos x m <sup>2</sup>
	4 Alto	14 a 10	individuos x m <sup>2</sup>	
	3 Moderado	9 a 5	individuos x m <sup>2</sup>	
	2 Bajo	4 a 1	individuos x m <sup>2</sup>	
	1 Muy Bajo	0	individuos x m <sup>2</sup>	
Uso de agroquímicos (Aplicaciones de insumos por semestre)	5 Muy alto	1 a 2	aplicaciones x ciclo productivo	
	4 Alto	3 a 4	aplicaciones x ciclo productivo	
	3 Moderado	5 a 7	aplicaciones x ciclo productivo	
	2 Bajo	8 a 10	aplicaciones x ciclo productivo	
	1 Muy Bajo	10 o más	aplicaciones x ciclo productivo	
Prácticas de conservación	5 Muy alta	5 o más	prácticas conservación	
	4 Alta	4	prácticas conservación	
	3 Moderado	3	prácticas de conservación	
	2 Baja	2	prácticas conservación	
	1 Muy baja	1	práctica de conservación	
Conocimiento de Profundidad del horizonte A	5 Muy Alta	50 cm o más	Horizonte A	
	4 Alta	30 a 40 cm	Horizonte A	
	3 Moderado	20 a 30 cm	Horizonte A	
	2 Bajo	10 a 20 cm	Horizonte A	
	1 Muy Bajo	0 a 10 cm	Horizonte A	

**Nota: Los valores son números de 1 a 5, donde 5 es la máxima puntuación (\*)**

## Etapa 2: Diagnóstico Participativo.

Teniendo en cuenta que el diagnóstico participativo consta de un primer momento de recolección de información y de un segundo momento de sistematización y análisis, para la recolección de información, se realizaron conversatorios con los productores de los dos municipios y así determinar las condiciones sociales, ambientales y económicas mediante los cuales ellos establecen tradicionalmente los cultivos de quinua.

Se aplicó el instrumento de medición (tabla 3) a productores activos, es decir que tuvieran cultivo de quinua en desarrollo. Se llevó a cabo el filtrado, el ajuste de las respuestas y se organizaron los resultados para su análisis.



Como segunda parte de esta etapa, a la información proveniente de la aplicación del instrumento de medición se le hizo el análisis de correspondencia múltiple (ACM) (Rencher, 2012).

Etapa 3: Formulación de estrategias de intervención.

Según los objetivos de esta parte del trabajo no se formularon estrategias de intervención, pero se identificaron los factores materiales, sociales, económicos, etc., que facilitaron la tipificación de los productores de quinua de los municipios. Es de tener en cuenta que las etapas de la investigación no siempre se dan de manera sucesiva y lineal, pues están sujetas a las mismas dinámicas comunitarias y participativas del diálogo generado.

Etapa 4: Ejecución.

El producto de la aplicación de las encuestas y los análisis no determinaron la elaboración y ejecución de un plan de acción, sin embargo, permitió analizar las correlaciones entre variables que se seleccionaron de cada una de las dimensiones evaluadas: ambiental, económica y social:

### **3.1.2. Correlaciones entre variables seleccionadas de las dimensiones social, económica y ambiental, para complementar la tipificación de los productores de quinua**

#### **3.1.2.1. Selección de las variables**

Se seleccionaron variables de la dimensión social para ser correlacionada con variables de la dimensión económica, de la dimensión ambiental, para ser correlacionadas con variables de la dimensión social, de la dimensión económica para ser correlacionadas con variables la dimensión ambiental.

#### **3.1.2.2. Variables seleccionadas de las dimensiones social y económica en Guasca y en Carmen de Carupa**

Las siguientes son las variables seleccionadas de las dos dimensiones para ser correlacionadas.

### **Guasca**

Dimensión social. (3): autosuficiencia alimentaria, capacidad administrativa, nivel educativo superior.

Dimensión económica. (5): productividad de quinua, ingresos, relación costo-beneficio, costo de fungicidas e insecticidas, costo de fertilizantes .

### **Carmen de Carupa**

Dimensión social. (4): autosuficiencia alimentaria, capacidad administrativa, integración familiar, nivel educativo.

Dimensión económica. (5): productividad de quinua, ingresos , relación costo-beneficio, costo de fungicidas e insecticidas, costo de fertilizantes .

### **3.1.2.3. Variables seleccionadas de las dimensiones ambiental y social en Guasca y en Carmen de Carupa**

Las siguientes son las variables seleccionadas de las dos dimensiones para ser correlacionadas

#### **Guasca**

Dimensión ambiental. (3): riqueza arvenses, prácticas de conservación y uso de agroquímicos.

Dimensión social. (1): autosuficiencia alimentaria.

#### **Carmen de Carupa**

Dimensión ambiental. (2): especies leñosas, prácticas de conservación.

Dimensión social.(1): autosuficiencia alimentaria .

### **3.1.2.4. Variables seleccionadas de las dimensiones económica y ambiental en Guasca y en Carmen de Carupa**

Las siguientes son las variables seleccionadas de las dos dimensiones para ser correlacionadas

#### **Carmen de Carupa**

Dimensión económica. (4): ingresos, relación costo beneficio, costos de fungicidas e insecticidas,

costo de fertilizantes.

Dimensión ambiental. (5): uso de agroquímicos, prácticas de conservación, especies leñosas, manejo de arvenses y macrofauna presente.

### **Guasca**

Dimensión económica. (4): ingresos, relación costo-beneficio, costos de fungicidas e insecticidas, costo de fertilizantes.

Dimensión ambiental. (5): uso de agroquímicos, prácticas de conservación, especies leñosas, manejo de arvenses y macrofauna presente.

Las correlaciones permiten complementar la tipificación de los productores de quinua de los municipios Guasca y Carmen de Carupa, en función de las variables seleccionadas de las dimensiones social, económica y ambiental. Se utilizó un análisis de correspondencia múltiple (ACM) a partir de la matriz de Burt, esta es una técnica que permite estudiar las relaciones entre las distintas modalidades de las variables categóricas a través del álgebra lineal. Se generan puntos de representaciones gráficas. Por lo anterior, la estructura de datos tendrá columnas como variables categóricas y filas como individuos.

### **3.2. Evaluación de las variables del desarrollo y productividad de la quinua, *Chenopodium quinoa* Willd., variedad “Blanca de Jericó” asociada a diferentes cultivos y de la incidencia del mildew.**

Para evaluar el efecto sobre la quinua de las diferentes asociaciones de cultivos, se establecieron las parcelas de investigación en los tres municipios seleccionados, los cuales presentan las características que se describen en la tabla No. 4

**Tabla 4.** Características agroclimáticas de los tres municipios en los cuales se establecieron las parcelas de investigación.

Agroclimatología	Temperatura promedio (°C)	Humedad Relativa(%)	Altitud (m.s.n.m)	Precipitación (mm/año)
Marengo <sup>1</sup>	16 °C	65%	2.580	1.216
Guasca <sup>2</sup>	13.5 °C	60%	2.710 m	933
Carmen Carupa <sup>3</sup>	14 °C	75%	2.850	820

1. Agro climatología (CAM) Marengo: <https://ogabogota.unal.edu.co/predios/Marengo>.
2. Agro climatología Municipio Guasca: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co>
3. Agro climatología Municipio Carmen de Carupa: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co>

### Diseño de las parcelas experimentales.

En cada uno de los sitios, se procedió al diseño de las parcelas experimentales. Cada parcela midió 549.88 m<sup>2</sup> (23.30 m X 23.60 m). Se dividió cada parcela en 12 subparcelas de 42 m<sup>2</sup> (7.50 m de ancho X 5.60 m de largo). Se establecieron 4 tratamientos o asociaciones con tres (3) repeticiones, en un diseño factorial 2<sup>2</sup>.

### Tratamiento No 1:

Quinoa, *Chenopodium quinoa* Willd. + Caléndula, *Calendula officinalis* L., sobre el mismo surco, como cultivo interno y Haba, *Vicia faba* L. en el perímetro como cultivo externo.

Se establecieron cinco surcos iguales a una distancia de 80 cm. entre las cimas de los surcos. La quinua se sembró al chorrillo: 10 gr. en 6 metros lineales de cada surco. El mismo día, se sembraron en el mismo surco de la quinua, plántulas de caléndula de unos 15 cm de altura a 50 cm de distancia entre plantas en el mismo día, se sembró además el haba, *Vicia faba* L. en el perímetro de la parcela, dos semillas secas por sitio, cada 50 cm.

Cuando la quinua emergió, se esperó un mes y se hizo el raleo, dejando una distancia aproximada de 7 cm entre plantas de quinua. La densidad de siembra de la quinua fue de 7 centímetros entre plantas X 80 centímetros entre hileras.

#### **Tratamiento No. 2:**

Quinua, *Chenopodium quinoa* Willd. + cebolla, *Allium cepa* L. en el mismo surco como cultivo interno y haba, *Vicia faba* L. en el perímetro como cultivo externo.

La quinua se sembró y se manejó de la misma manera y con las mismas dimensiones que en el tratamiento anterior. En el mismo día se sembraron, en el mismo surco de la quinua, plántulas de cebolla, *Allium cepa* L. de 15 cm de altura, cada 50 cm. En el mismo día, se sembró además el haba, *Vicia faba* L. en el perímetro de la parcela, igual que en el tratamiento No.1, dos semillas secas por sitio, cada 50 cm.

#### **Tratamiento No 3:**

Quinua, *Chenopodium quinoa* Willd. + Caléndula, *Calendula officinalis* L. sobre el mismo surco, como cultivo interno y papa nativa pepina, *Solanum tuberosum* L. en el perímetro como cultivo externo.

La quinua se sembró y se manejó de la misma manera y con las mismas dimensiones que en el tratamiento anterior. En el mismo día, se sembraron en el mismo surco, plántulas de caléndula de unos 15 cm de altura, cada 50 cm. En el mismo día se sembró rodeando la parcela perimetralmente, una variedad nativa de papa, *Solanum tuberosum* L. denominada papa-pepina. Se sembraron dos papas germinadas por sitio, cada 50 cm.

#### **Tratamiento No 4:**

Quinua, *Chenopodium quinoa* Willd. + cebolla, *Allium cepa* L. en el mismo surco, como cultivo

interno, papa nativa pepina, *Solanum tuberosum* L. en el perímetro como cultivo externo.

La quinua se sembró y se manejó de la misma manera y con las mismas dimensiones que en el tratamiento anterior. En el mismo día se sembraron, en el mismo surco de la quinua, plántulas de cebolla, *Allium cepa* L. de 15 cm de altura, cada 50 cm. En el mismo día, se sembró, rodeando perimetralmente la parcela, una variedad nativa de papa, *Solanum tuberosum* L. denominada papa-pepina. Se sembraron dos papas germinadas por sitio, cada 50 cm.

### Parcela Testigo: Quinua en mono cultivo.

Se sembró una parcela testigo por cada localidad. La dimensión de la parcela, igual que las parcelas de las unidades experimentales (de 7.50 m de ancho X 5.60 m de largo). Se sembraron cinco surcos de quinua a una distancia de 80 cm entre surcos. La quinua se sembró igual que en los tratamientos de las subparcelas: 10 gramos de semilla, para un surco al chorrillo, en 6 metros lineales. Se hizo el raleo al mes de la siembra, dejando una distancia aproximada de 7 cm, entre plantas de quinua.

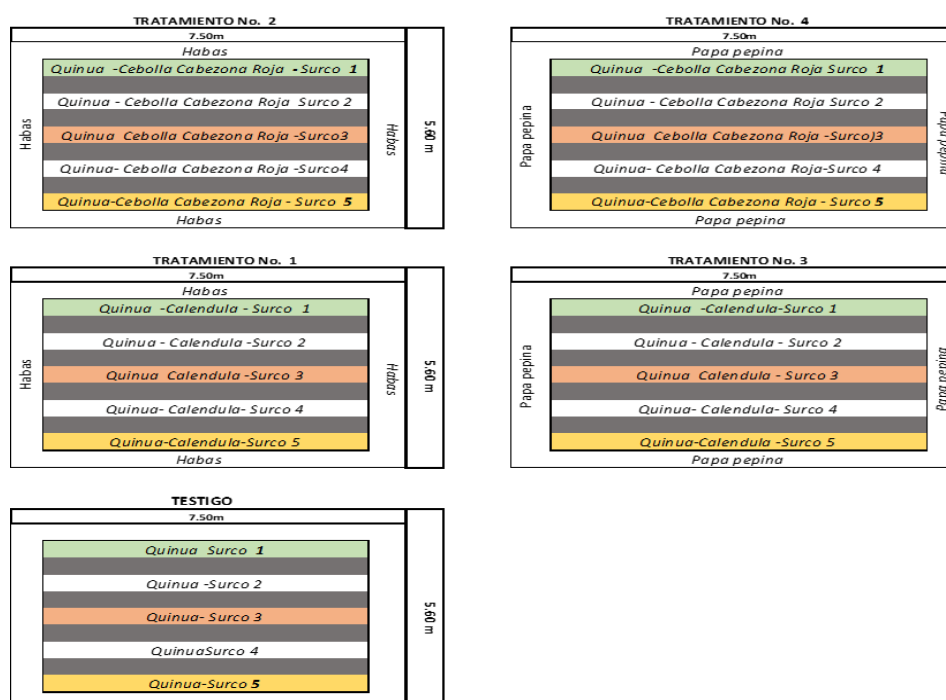


Figura 1. Distribución de la quinua y de las especies asociadas en cada tratamiento

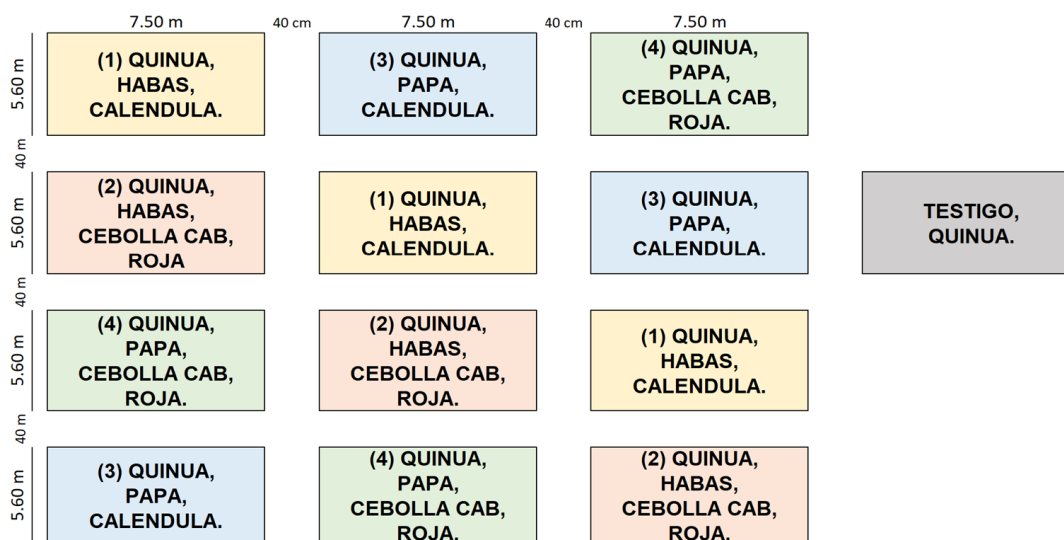


Figura 2. Distribución de los tratamientos o subparcelas en cada una de las parcelas

Las mediciones se realizaron cada 20 días en las doce (12) subparcelas, ubicadas en los tres sitios seleccionados: Centro Agropecuario Marengo (CAM), Guasca y Carmen de Carupa. Se evaluaron las siguientes variables en la quinua como cultivo principal y en los cultivos asociados.

1. Número de hojas por planta,
2. Altura de la planta,
3. Diámetro del tallo,
4. Número de plantas por surco,
5. Peso de inflorescencias de calendula (biomasa útil),
6. Número de panojas por planta,
7. Peso de las semillas (biomasa útil) (g),
8. Peso de planta completa de quinua (g),
9. Peso de biomasa de planta de papa (g),
10. Peso de tubérculo de papa (biomasa útil) (g),
11. Peso biomasa de cebolla (g),
12. Peso de biomasa de haba (g),
13. Número vainas por planta de haba,
14. Peso completo de planta de calendula (g),
15. Número de hojas afectadas por mildew.

El muestreo se realizó en el sentido de las manecillas del reloj, anotando que, para cada muestreo se hacían las mediciones, ubicando visualmente, quince minutos de un reloj “imaginario” para garantizar muestreos aleatorios. Se procedió bajo la misma metodología y repitiendo con exactitud el mismo proceso de medición en las tres parcelas.

Se iniciaron las mediciones en el Centro Agropecuario Marengo, tomando en orden los muestreos de la subparcela 1 hasta llegar a la subparcela 12. Posteriormente se realizaron las mediciones en Guasca y finalmente se realizaron las mediciones de la parcela en Carmen de Carupa.

### **3.2.1. Análisis de la productividad de la quinua en granos y biomasa total en las tres parcelas: Marengo, Guasca y Carmen de Carupa.**

Se utilizaron estadísticas descriptivas globales, que describen las frecuencias de los valores de las variables, las medidas de centralización y de dispersión, etc., en las parcelas establecidas en cada municipio.

En las parcelas de Marengo y de Guasca, se analizaron las correlaciones entre las variables de crecimiento y producción para el cultivo de la quinua mediante la estimación de la varianza y los coeficientes de correlación bivariados.

Se verificó la existencia de multinormalidad basada en el estadístico mardia del mvntest, se incluyó la prueba de normalidad univariada a través del test de Shapiro-Wilk (Shapiro, 1965). La continuidad de las variables dependientes está definida en la estructura de datos. Se valida la igualdad de las matrices de varianzas y covarianza a través de test boxM (Box, 1970).

#### **3.2.1.1. Parcela de Marengo**

#### **3.2.1.2. Parcela de Guasca**

#### **3.2.1.3. Parcela de Carmen de Carupa**

### **3.2.2. Análisis correlacional entre las variables de crecimiento y producción de quinua en las parcelas de Marengo y Guasca.**

En la parcela de Marengo y en la parcela de Guasca, se analizaron las correlaciones entre las



variables de crecimiento y producción para el cultivo de la quinua mediante la estimación de la varianza y los coeficientes de correlación bivariados.

Se verificó la existencia de multinormalidad basada en el estadístico mardia del mvntest, se incluyó la prueba de normalidad univariada a través del test de Shapiro-Wilk (Shapiro, 1965). La continuidad de las variables dependientes está definida en la estructura de datos. Se valida la igualdad de las matrices de varianzas y covarianza a través de test boxM (Box, 1970).

### **3.2.3. Determinación del efecto de los cultivos internos y externos en algunas variables de desarrollo y productividad de la quinua en las tres parcelas Marengo, Guasca y Carmen de Carupa.**

En cada una de las parcelas: Marengo, Guasca y Carmen de Carupa se seleccionaron diferentes variables de respuesta del cultivo de la quinua para ser correlacionadas con los cultivos asociados externos e internos.

Con el fin de identificar si existe algún efecto de los cultivos internos y externos establecidos en las parcelas experimentales, se planteó un modelo matricial estadístico lineal (Efectos Fijos-Modelo Multiplicativo) para el Diseño Factorial 22 (Rencher & Christensen, 2012).

$$Y = X \beta + e$$

Donde,  $Y$  es el vector de variables respuestas definido por el número de hojas por planta, altura de la planta, diámetro del tallo, número de plantas por surco, número final de panojas por planta, peso planta completa quinua y el peso de semillas (biomasa útil).  $X$  es la matriz de diseño.

$\beta$  es el vector de parámetros a estimar, basados en los factores cultivo interno (cebolla y caléndula) y cultivo externo (habas y papa), donde además se incluye el grupo control; el promedio general y el factor interacción doble.

Se seleccionaron variables de crecimiento y desarrollo de la quinua para ser correlacionados con los cultivos internos y externos. En algunas parcelas en momentos diferentes, T1 a los cuatro meses después de la siembra y T2 a los seis meses.

Para la evaluación preliminar de la incidencia del mildew, causado por *Peronospora variabilis* Gäum, se tomaron tres (3) plantas al azar de cada una de las doce (12) subparcelas y de cada planta se tomaron 10 hojas del tercer medio y se evaluó la incidencia de la enfermedad contando el número de hojas con síntomas sobre el total de las 10 hojas. Se promedió el resultado (tres plantas) en cada subparcela, en las tres unidades experimentales. (Risco M , 2015) Se compararon estos resultados con la incidencia del mildew, en las plantas de quinua de la parcela testigo, quinua en monocultivo, en cada una de las tres unidades experimentales

A continuación, se relacionan las variables de la quinua seleccionadas en cada parcela y en cada tiempo, para ser correlacionadas con los cultivos internos y externos.

**3.2.3.1. Variables evaluadas en Marengo T2 : número de hojas por planta y altura de la planta e incidencia del mildew.**

**3.2.3.2. Variables evaluadas en Marengo en T1: peso de panojas sin hojas biomasa útil (semillas) y el peso total de la quinua.**

**3.2.3.3. Variables evaluadas en Marengo T2: número de panojas por planta, peso panoja biomasa útil (semillas), peso total quinua, en relación con los cultivos asociados.**

**3.2.3.4. Variables de crecimiento y desarrollo de la quinua en relación con los cultivos asociados en Guasca T1: número de hojas por planta y hojas afectadas por el mildew.**

**3.2.3.5. Resultados de la evaluación de la incidencia del mildew.**

**3.2.3.6. Variables de crecimiento y desarrollo de la quinua en relación con los cultivos**

asociados en Guasca T1: peso de panojas sin hojas, peso panoja biomasa útil (semillas) y el peso total de la quinua.

**3.2.3.7. Variables de crecimiento y desarrollo de la quinua en relación con los cultivos asociados en Guasca T2: número de panojas por planta, peso panoja sin hojas biomasa útil (semillas), peso total quinua.**

**3.2.3.8. Variables de crecimiento y desarrollo de la quinua en relación con los cultivos asociados en Carmen de Carupa T1: altura promedio de las plantas, número de plantas por surco, incidencia del mildew y peso total de la quinua.**

Es importante acotar que no se reportan algunas correlaciones en esta investigación para el cultivo de Carmen de Carupa por la de datos por pérdida de algunas parcelas por efectos del clima (fuertes heladas y sequía), lo cual no permite una estimación robusta de la varianza y en consecuencia la no estimación de los coeficientes de correlación bivariados.

**3.2.4. Evaluación de la productividad total o integral de las parcelas determinada por las variables seleccionadas de la quinua + la biomasa de los cultivos asociados.**

La productividad total o integral, se determinó en cada subparcela según el tratamiento (variable seleccionada para la quinua + cultivo interno + cultivo externo). Se comparan los resultados obtenidos para la misma variable seleccionada de la quinua en la parcela control.

Para estimar la productividad integral se cuantificó el cultivo de quinua en adición con los cultivos asociados a la misma: cultivos internos cebolla cabezona roja, *Allium cepa* L., Caléndula, *Calendula officinalis* L., cultivos externos papa, *Solanum tuberosum* L., haba, *Vicia faba* L.

Mediante análisis estadísticos (software estadístico RStudio) (Team, 2015) se establecieron las correlaciones entre los resultados obtenidos de las biomásas de los diferentes cultivos.

### **3.2.4.1. Productividad total de los tratamientos, determinados por la variable: peso de panoja biomasa útil (semillas) de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T2.**

(Tratamiento 1) Se suma los valores de la variable peso de panoja biomasa útil (semillas) de la quinua más el peso de la biomasa del cultivo interno caléndula más el peso de la biomasa cultivo externo haba

(Tratamiento 2) Se suma los valores de la variable peso de panoja biomasa útil (semillas) de la quinua más el peso de la biomasa del cultivo interno cebolla más el peso de la biomasa del haba como cultivo externo.

(Tratamiento 3) Se suma los valores de la variable peso de panoja biomasa útil (semillas) de la quinua más el peso de la biomasa del cultivo interno caléndula más el peso de la biomasa de la papa como cultivo externo.

(Tratamiento 4) Se suma los valores de la variable peso de panoja biomasa útil (semillas) de la quinua más el peso de la biomasa de la cebolla como cultivo interno más la biomasa de la papa como cultivo externo.

### **3.2.4.2. Productividad total determinada por variable evaluada: peso total de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T2.**

(Tratamiento 1) Se suma los valores de la variable peso total de la quinua más el peso de la biomasa del cultivo interno caléndula más el peso de la biomasa cultivo externo haba

(Tratamiento 2) Se suma los valores de la variable peso total de la quinua más el peso de la biomasa del cultivo interno cebolla más el peso de la biomasa del haba como cultivo externo.

(Tratamiento 3) Se suma los valores de la variable peso total de la quinua más el peso de la

biomasa del cultivo interno caléndula más el peso de la biomasa de la papa como cultivo externo.

(Tratamiento 4) Se suma los valores de la variable peso total de la quinua más el peso de la biomasa de la cebolla como cultivo interno más la biomasa de la papa como cultivo externo.

### **3.2.4.3. Productividad total determinado por la variable evaluada: peso de las panojas sin hojas de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T1.**

(Tratamiento 1) Se suma los valores de la variable peso de las panojas sin hojas de la quinua más el peso de la biomasa del cultivo interno caléndula más el peso de la biomasa del haba como cultivo externo.

(Tratamiento 2) Se suma los valores de la variable peso de las panojas sin hojas de la quinua más el peso de la biomasa del cultivo interno cebolla más el peso de la biomasa del haba como cultivo externo.

(Tratamiento 3) Se suma los valores de la variable peso de las panojas sin hojas de la quinua más el peso de la biomasa del cultivo interno caléndula más el peso de la biomasa de la papa como cultivo externo.

(Tratamiento 4) Se suma los valores de la variable peso de las panojas sin hojas de la quinua más el peso de la biomasa de la cebolla como cultivo interno más la biomasa de la papa como cultivo externo.

### **3.2.5. Análisis del efecto de los cultivos internos y externos en el desarrollo y productividad de la quinua y pruebas de combinaciones múltiples.**

#### **3.2.5.1. Pruebas de combinaciones múltiples de medias para la papa y caléndula en relación con los cultivos asociados en Marengo T2.**

**3.2.5.2. Pruebas de combinaciones múltiples de medias para haba y caléndula en relación con los cultivos asociados en Guasca.**

**3.2.5.3. Promedios de producción para el cultivo de caléndula, *Caléndula officinalis* L en relación con los cultivos externos (haba y papa) asociados en Carmen de Carupa.**

**3.2.6. Evaluación de la población de lombrices en las parcelas (Anexo complementario)**

Como prueba complementaria al experimento se hizo la evaluación de la población de las lombrices en todas las parcelas y a la parcela control. Para la captura y conteo de las lombrices se elaboró un cuadro de madera con un tamaño de 25 centímetros por cada lado del recuadro (25 cm de largo X 25 cm de ancho). Este cuadro se lanzó tres veces al azar encada una de las parcelas. En cada lanzamiento del cuadro, una vez en el suelo, se procedió a cavar un hueco de 25 cm de profundidad por 25 centímetros de ancho por 25 centímetros de largo. Posteriormente se sacó la tierra a un recipiente y se pesó en una báscula el equivalente a 1500 gramos de suelo. Aparte, aun balde de 15 litros de capacidad, se le colocó una malla que dejaba pasar la tierra y no las lombrices. Seguidamente se colocó la tierra encima de la malla y se le agregó agua lentamente. A medida que se iba agregando el agua, la tierra iba pasando al fondo del balde y las lombrices quedaban en la malla. Se procedió a hacer el conteo de lombrices (Figura 3).

**3.2.6.1. Muestreo de lombrices**

El muestreo de las lombrices, organismos que son indicadores de fertilidad y que son libres de toxicidad, arrojó resultados positivos dado que se encontraron poblaciones elevadas de lombrices en todos los muestreos y en todas las parcelas investigativas de cultivos asociados con quinua.



Figura 3. Muestreo de lombrices

### **3.3. Evaluación de la productividad total o integral de las parcelas determinada por las variables seleccionadas de la quinua + la biomasa de los cultivos asociados.**

La productividad total o integral, se determinó en cada subparcela según la seleccionada para la quinua + cultivo interno + cultivo externo. Se comparan los resultados obtenidos para la misma variable seleccionada de la quinua en la parcela control.

#### **3.3.1. Productividad total de los tratamientos, determinados por la variable: peso de panoja biomasa útil (semillas) de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T2.**

La productividad total o integral, se determinó en cada subparcela según la seleccionada para la quinua + cultivo interno + cultivo externo, en Marengo en T2 a los seis meses de la siembra. Se comparan los resultados obtenidos con la parcela control, para las mismas variable seleccionada en la quinua

#### **3.3.2. Productividad total determinada por variable evaluada: peso total de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T2.**

**3.3.3. Productividad total determinado por la variable evaluada: peso de las panojas sin hojas de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T1.**

**3.4. Análisis del efecto de los cultivos internos y externos en el desarrollo y productividad de la quinua y pruebas de combinaciones múltiples.**

**3.4.1. Pruebas de combinaciones múltiples de medias para la papa y caléndula en relación con los cultivos asociados en Marengo T2.**

**3.4.2. Pruebas de combinaciones múltiples de medias para haba y caléndula en relación con los cultivos asociados en Guasca.**

**3.4.3. Promedios de producción para el cultivo de caléndula, *Calendula officinalis L.* en relación con los cultivos externos (haba y papa) asociados en Carmen de Carupa**

## **4. Capítulo 4. Resultados**

### **4.1. Tipificación de los agricultores y correlaciones.**

#### **4.1.1. Resultados de la tipificación de los productores de quinua en los municipios de Guasca y Carmen de Carupa**

En general los productores de quinua se distribuyen en dos grandes grupos, el primero que utiliza muchos insumos, su producción es buena y la relación costo beneficio es moderada por los grandes costos económicos que genera la utilización de insumos y por los costos ambientales, acumulación de residuos de los agroquímicos utilizados, en los suelos, en las aguas y en el producto final semilla y biomasa de la quinua con diferente potencial de uso.

Un segundo grupo que podría llamarse modelo para la región y que se caracteriza por la utilización de pocos insumos, fertilizantes insecticidas y fungicidas y por lo tanto su inversión



económica en estos productos es baja y los costos ambientales también son bajos. Los ingresos y la relación costo beneficio son buenos. Las prácticas de conservación son moderadas y se ayuda a la economía familiar con la producción de alimentos en la finca.

En Guasca, cuando se correlacionan las dimensiones social y económica, aparece un grupo de productores de quinua, que invierte poco en compra de insumos, tiene un nivel alto de ingresos y buena relación costo beneficio en el cultivo, aunque son deficientes en la producción complementaria de alimentos para la familia.

En Carmen de Carupa, aparece otro grupo de productores que gastan más en insumos que el grupo anterior, tiene una relación costo beneficio moderada y los ingresos también son moderados, sin embargo, complementan la producción de quinua con productos de la finca para la familia.

#### **4.1.2. Análisis de correlaciones entre las dimensiones evaluadas**

##### **4.1.2.1. Análisis de correlaciones de las dimensiones social, económica y ambiental**

A continuación, se muestran las correlaciones entre las variables de las dimensiones social, económica y ambiental que permitieron complementar la tipificación de los productores de quinua en Guasca y Carmen de Carupa. Estas son las variables analizadas que aparecen en los Biplot representados en las Tipologías 1 y 2. (Figuras 4, 5, 6 y 7).

Según los resultados de las encuestas aplicadas y su valoración se encontró que el 42% de los productores encuestados, tienen una buena opinión respecto a la autosuficiencia alimentaria, es decir, consumen alimentos producidos en sus propios cultivos. Menos del 10%, dan un menor puntaje sobre esta misma variable. Adicionalmente, al menos la mitad de los productores tiene un nivel de escolaridad superior o muy superior. La participación en organizaciones e integración familiar es, con mayor frecuencia realizada por los padres o alguno de los hijos.

La capacidad administrativa (manejo de la unidad de producción) recae en el propietario-mayordomo o propietario de la misma. Por otro lado, por lo menos tres cuartas partes (71%) de los productores incluidos en esta investigación, opinan que el impacto del cultivo de quinua en la comunidad es moderado. Es importante anotar que solo el 29% de los productores consideran que los ingresos por el cultivo de la quinua son altos.

#### **4.1.2.2. Análisis de correlación para variables de las dimensiones social y económica**

El análisis de correspondencia múltiple, a partir de la matriz de Burt, mostró que con respecto a las preguntas de la encuesta realizada que correlacionan las variables de la dimensión social y de la dimensión económica, se obtienen una variación total explicada del 74.9% acumulada para las variables (Figura 4).

Es importante tener en cuenta que las variables de la dimensión económica se establecen como variables activas dentro de la aplicación de la técnica, dado que son el objeto de investigación y las variables de la dimensión social quedan como suplementarias.

La Figura 4 muestra que se crean dos tipologías contrastantes de productores claramente definidas, en función de las opiniones con respecto a tres variables de la dimensión social: autosuficiencia alimentaria, capacidad administrativa, nivel educativo y cinco variables de dimensión económica: productividad de quinua, ingresos, relación costo-beneficio, costo de fungicidas e insecticidas, costo de fertilizantes.

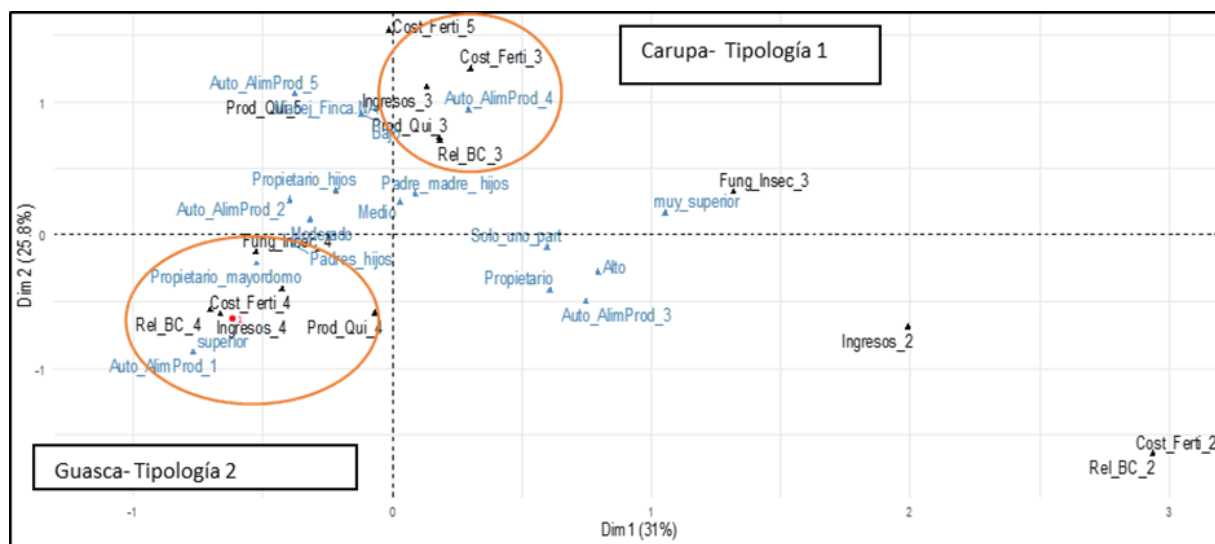


Figura 4. Biplot para las variables de la dimensión social (3 variables) y de la dimensión económica (5 variables)

Carmen de Carupa, Tipología 1, con las variables, calificadas de la dimensión social, : autosuficiencia alimentaria (4), capacidad administrativa (0), integración familiar (0), nivel educativo muy superior (4) y las variables de dimensión económica: productividad de quinua (3), ingresos (3), relación costo-beneficio (3), costo de fungicidas e insecticidas (3), costo de fertilizantes (3).

Guasca, Tipología 2, con las variables de la dimensión social: autosuficiencia alimentaria (1) capacidad administrativa (mayordomo) (3), nivel educativo superior (4) y las variables de dimensión económica: productividad de quinua (4), ingresos (4), relación costo-beneficio (4), costo de fungicidas e insecticidas (4), costo de fertilizantes (4).

Adicionalmente, se tiene un grupo de propietarios que tienen una opinión con valoración (3) sobre los costos de fungicidas e insecticidas y se caracterizan por tener un nivel educativo muy superior(4).

#### 4.1.2.3. Análisis de correlación para variables de las dimensiones ambiental y social. 4.1.2.3.1 Primer Análisis

La Figura 5 se muestra que se crean dos tipologías contrastantes de productores claramente

definidas, en función de las variables de la dimensión ambiental: diversidad leñosas, riqueza arvenses y prácticas de conservación y variables de la dimensión social: autosuficiencia alimentaria, capacidad administrativa.

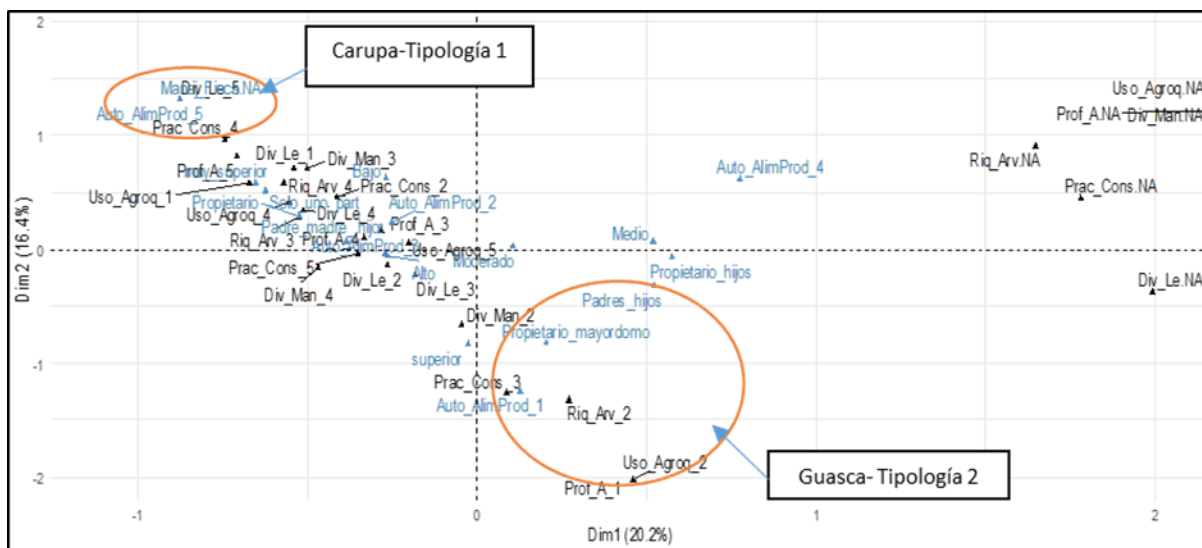


Figura 5. Biplot para las variables de la dimensión ambiental y de la dimensión social (1er. Análisis)

Carmen de Carupa, Tipología 1, con las variables calificadas de la dimensión ambiental: especies leñosas (5), prácticas de conservación (4); variable de la dimensión social: autosuficiencia alimentaria (5).

Guasca, Tipología 2, con las variables calificadas de la dimensión ambiental: riquezas arvenses (2), prácticas de conservación (3) y uso de agroquímicos (2) con las variables de la dimensión social: autosuficiencia alimentaria (1).

Es importante tener en cuenta que la escala de opinión toma valores entre 1 y 5, donde el 1 indica la menor valoración y 5 representa la mejor puntuación al ítem.

#### 4.1.2.3. Análisis de correlación para variables de las dimensiones ambiental y social. 4.1.2.3.2. Segundo Análisis

El análisis de correspondencia múltiple, a partir de la matriz de Burt, mostró que con respecto a las preguntas de la encuesta, que correlacionan las variables de la dimensión ambiental y de la dimensión social, se obtuvo una variación total explicada del 50.1% acumulada por las dimensiones.

La figura 6 muestra que se crean dos tipologías contrastantes de productores: Carmen de Carupa, Tipología 1, con respecto a variables de la dimensión ambiental: riqueza de arvenses (2), uso de agroquímicos (2), prácticas de conservación (3), profundidad del horizonte A (1) y 2 variables de la dimensión social: autosuficiencia alimentaria, manejo de la unidad de producción y en Guasca, Tipología 2, con las variables de la dimensión social: autosuficiencia alimentaria, capacidad administrativa.

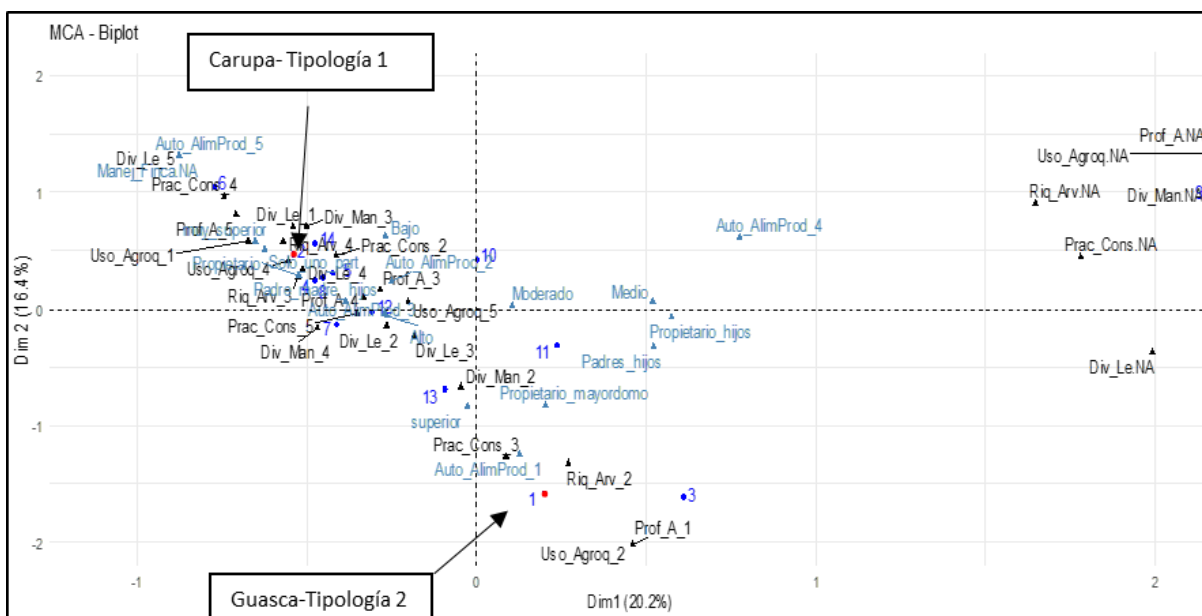


Figura 6. Biplot para las variables de la dimensión ambiental y social (2do. Análisis)

#### 4.1.2.4. Análisis de correlación para variables de las dimensiones económica y ambiental.

Mediante un análisis de correspondencias múltiple a partir de la matriz de Burt, se obtuvo una variación total explicada del 48.9% acumulada por las dimensiones.

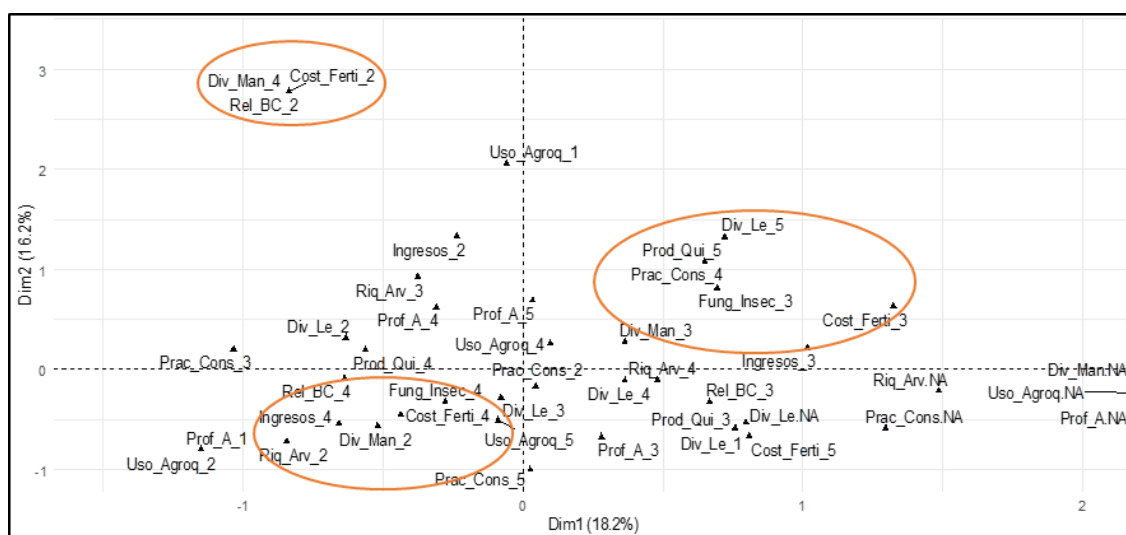


Figura 7. Biplot para variables de la dimensión ambiental (5) y de la dimensión económica (4)

La Figura 7, muestra que se crean dos tipologías contrastantes de productores claramente definidas, en función de la escala en las opiniones con respecto a variables de la dimensión ambiental: uso de agroquímicos, prácticas de conservación, especies leñosas, manejo de arvenses y macrofauna asociada y 4 variables de la dimensión económica: ingresos, relación costo beneficio, costos de fungicidas e insecticidas, costo de fertilizantes.

Carmen de Carupa, Tipología 1, con las variables de la dimensión ambiental: uso de agroquímicos N/A, prácticas de conservación (4), especies leñosas (5), manejo de arvenses (4) y macrofauna presente (3) y con 4 variables de la dimensión económica: ingresos (3), relación costo beneficio (3), costos de fungicidas e insecticidas (3), costo de fertilizantes (3).

Guasca, Tipología 2, con las variables de la dimensión ambiental: uso de agroquímicos (2),

prácticas de conservación (5), especies leñosas (5), manejo de arvenses (2) y macrofauna presente (2) y con 4 variables de la dimensión económica: ingresos (4), relación costo-beneficio (4), costos de fungicidas e insecticidas (4), costo de fertilizantes (4).

#### **4.2. Resultados de las variables del desarrollo y productividad de la quinua, *Chenopodium quinoa* Willd., variedad “Blanca de Jericó” asociada a diferentes cultivos y de la incidencia del mildew.**

En la tabla 5 se registran los resultados obtenidos, en las tres parcelas experimentales ubicadas en Marengo, Guasca y Carmen de Carupa, en las variables evaluadas del cultivo de la quinua, la cual se asoció con cebolla cabezona, *Allium cepa* L. y caléndula, *Calendula officinalis* L. sembradas en el mismo surco y una variedad nativa de papa, *Solanum tuberosum* L. denominada papa-pepina y habas, *Vicia faba* L. rodeando perimetralmente las parcelas.

Para la unidad de producción ubicada Marengo se encontró que por lo menos el 75% de las plantas alcanzan los 1.8 metros de altura, pero no exceden los 2.1 metros; teniendo en cuenta que en promedio estas plantas tienen unas 687 hojas cada una. En este cultivo se obtuvo en promedio unas 72 plantas por surco y un mínimo 21 plantas; teniendo presente que se lograron como máximo 152 plantas por surco.

Para la productividad media de las plantas de quinua, en promedio una planta produce 11 panojas y como máximo 25 panojas. El peso total de las semillas en términos a la biomasa útil de este cultivo es en promedio de 454 gramos y que el 75% de las plantas producen unos 600 gramos. Finalmente, el peso total promedio de una planta completa de quinua es de 2222 gramos totales de quinua y como máximo de 3500 gramos de esta, a diferencia de la parcela control que es de 553 g. (Tabla 5). La incidencia de mildew en 10 hojas evaluadas es del 30%.

**Tabla 5. Datos estadísticos descriptivos para las variables de productividad y desarrollo de la quinua *Chenopodium quinoa* Willd., variedad “Blanca de Jericó” asociada con otros cultivos en cada una de las parcelas experimentales.**

UP	Indicadores	Variables*	Media	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Marengo	Crecimiento	Número de hojas por planta	687	212	555	678	810	1177
		Altura de la planta (m)	1.7	1.4	1.6	1.7	1.8	2.1
		Número de plantas por surco	72	21	47	66	100	152
	Producción	Número de Panojas por planta	11	1	6	10	15	25
		Peso de las semillas (Biomasa útil) (g)	454	33	285	396	600	1200
		Peso total de la quinua (g)	2222	425	1930	2200	271	3500
	Incidencia del mildew	Número de hojas afectadas por Mildew	3	0	1	2	4	10
Guasca	Crecimiento	Número de hojas por planta	289	73	112	140	274	1159
		Altura de la planta (m)	1.0	0.6	0.9	1.1	1.2	1.4
		Número de plantas por surco	52	8	39	47	62	120
	Producción	Número de Panojas por planta	6	2	5	7	8	12
		Peso de las semillas (Biomasa útil) (g)	172	57	147	167	205	300
		Peso total de la quinua (g)	371	60	248	340	518	900
	Incidencia del mildew	Número de hojas afectadas por Mildew	1	0	0	0	0	10
Carmen de carupa	Crecimiento	Número de hojas por planta	194	25	70	98	250	700
		Número de hojas por planta	194	25	70	98	250	700
		Altura de la planta (m)	0.9	0.4	0.7	0.8	1.1	1.3
		Número de plantas por surco	191	8	66	175	290	530
	Producción	Número de Panojas por planta	4	1	1	3	6	24
		Peso de las semillas (Biomasa útil) (g)	110	73	99	112	125	139
		Peso total de la quinua-(g)	162	125	135	150	175	230
Incidencia del Mildew	Número de hojas afectadas por Mildew	3	0	0	3	4	7	

NOTA: (\*) Se consideran solo los valores de las mediciones efectivas de las variables



En la unidad de producción de Guasca se encuentra que el promedio de las plantas alcanza 1.0 m de altura y que por lo menos el 75% de las plantas alcanzan los 1.2 metros de altura, pero no exceden los 1.4 metros; el promedio de las plantas alcanza 289 hojas cada una.

En este cultivo se obtuvo en promedio unas 52 plantas por surco y en el 25% de los surcos se obtienen mínimo 39 plantas; el número promedio máximo por surco se obtienen 120 plantas. Para la productividad en las plantas de quinua, en promedio una planta produce 6 panojas y como máximo 12 panojas.

El peso total de la panoja en términos a la biomasa útil de este cultivo es en promedio de 172 gramos y es de resaltar que máximo se obtienen 300 gramos de peso total de la panoja. Finalmente, el peso total de una planta de quinua es de 371 gramos totales de quinua y como máximo 900 gramos. La incidencia de mildew, en 10 hojas evaluadas se encuentra una presencia promedio del 10%, siendo el cultivo con menor afectación por mildew.

Por último, en la unidad de producción Carmen de Carupa se encuentra que por lo menos el 75% de las plantas alcanzan los 1.1 metros de altura, pero no exceden los 1.3 metros; teniendo en cuenta que en promedio estas plantas tienen unas 194 hojas cada una. En este cultivo se obtuvo en el 75% de los surcos con más plantas un mínimo 290 plantas; teniendo presente que como máximo por surco se obtienen 530 plantas.

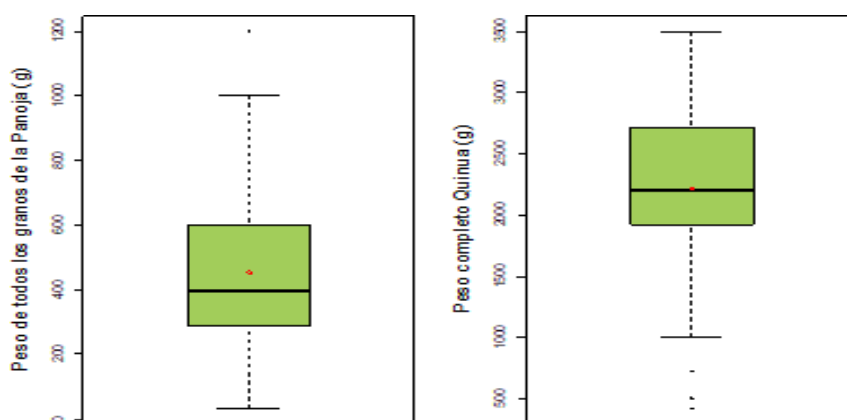
Para la productividad en las plantas de quinua, en promedio una planta produce 4 panojas y como máximo 24 panojas. El peso total de semillas en términos a la biomasa útil de este cultivo es en promedio de 110 gramos y es de resaltar que el 75% de las plantas producen unos 125 gramos de peso total de la panoja. Finalmente, se producen en promedio 162 gramos totales de quinua y como máximo unos 230 gramos de esta (Tabla 5). En relación a la incidencia de mildew, en 10 hojas evaluadas se encuentra una afectación promedio del 30%.

#### 4.2.1. Análisis de la productividad de la quinua en granos y biomasa total en las tres parcelas: Marengo, Guasca y Carmen de Carupa.

A continuación, se presentan los diagramas de cajas de la productividad de la quinua en granos y biomasa total en las parcelas de Marengo y Guasca. Para Carmen de Carupa se presenta la descripción de los resultados de la productividad en granos y biomasa total de la quinua con base en datos de la tabla 5.

##### 4.2.1.1. Parcela de Marengo.

La Figura 8, muestra la distribución de las variables medidas en julio 2020 (T2) en relación a la productividad del cultivo de quinua, en la parcela de Marengo el peso promedio de todos los granos de la panoja es de 454 gramos; esta variable presenta una media cercana a los 400 gramos. Se determinó la presencia de un valor atípico superior cercano a los 1200 gramos. En relación al peso completo de la planta de quinua se obtuvo un promedio de 2222 gramos y presenta una mediana cercana a 2200 gramos; resaltando la presencia de tres valores atípicos inferiores entre 450 y 700 gramos.



**Figura 8. Diagramas de cajas de la productividad de quinua en granos y biomasa total en la parcela de Marengo**

#### 4.2.1.2. Parcela de Guasca.

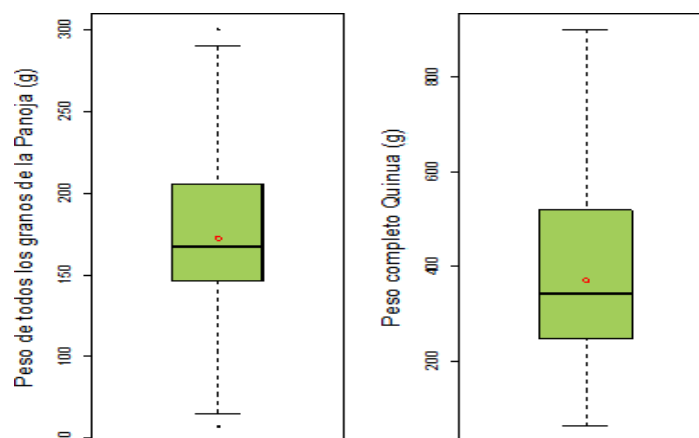


Figura 9. Diagramas de cajas de la productividad de quinua en granos

La Figura 9, muestra la distribución de las variables medidas en julio 2020 en relación a la productividad del cultivo de quinua, en la parcela de Guasca: el peso promedio de los granos de la panoja es de 172 gramos; esta variable presenta una media cercana a los 167 gramos. Se determinó la presencia de un valor atípico inferior cercano a los 60 gramos y un valor atípico superior a 300 gramos. En relación al peso completo de la planta de quinua se obtuvo un promedio de 371 gramos y presenta una mediana de 340 gramos y un valor máximo de 900 gramos

#### 4.2.1.3. Parcela de Carmen de Carupa

Las variables medidas en julio 2020 T2 en relación a la productividad del cultivo de quinua son las siguientes, en la parcela de Carmen de Carupa el peso promedio de los granos de la panoja es de 110 gramos, esta variable presenta una mediana cercana a los 112 gramos y un máximo de 139 gramos. El peso completo de la planta de quinua 162 gramos y presenta una mediana cercana de 150 gramos y un máximo de 230 gramos. Estos datos fueron obtenidos a partir de la tabla número 5.

#### 4.2.2. Análisis correlacional entre las variables de crecimiento y producción de quinua en las parcelas de Marengo y Guasca.

En la figura 10 se representa la matriz de correlaciones, entre las variables de crecimiento y producción para el cultivo de quinua para la parcela de Marengo y para la parcela de Guasca, a partir de los valores estimados de la varianza y de los coeficientes de correlación bivariados.

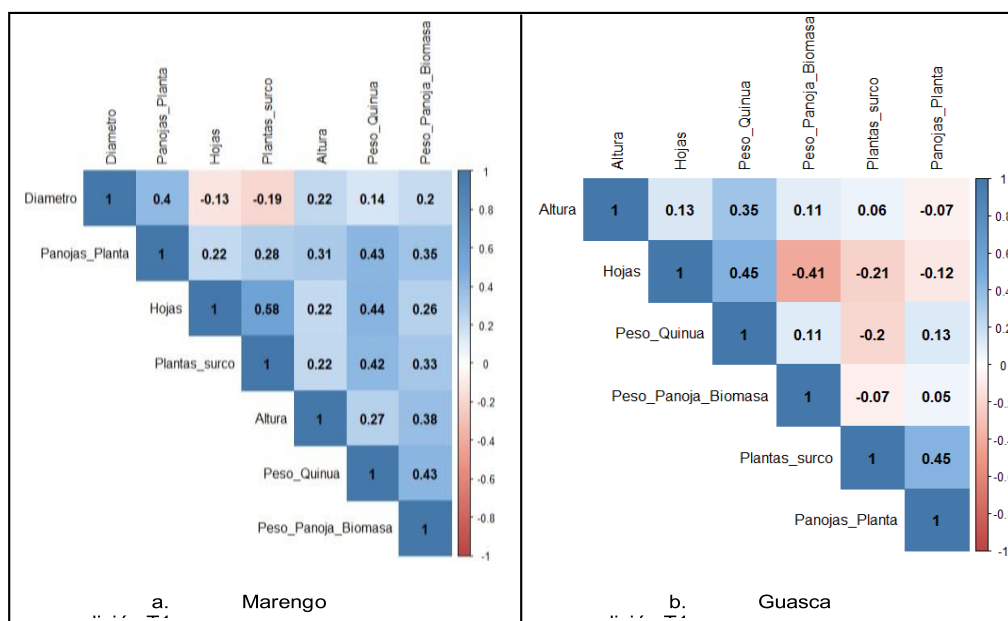


Figura 10. Matriz de correlaciones entre las variables de crecimiento y producción de quinua en Marengo y Guasca.

Teniendo presente que una de las variables de principal interés es el peso total de la quinua, es importante mencionar que presenta un coeficiente de correlación bivariado de 0.43 ( $p$ -valor=0.01) con la variable número de panojas por planta y correlaciones moderadas con las variables número de hojas (0.44,  $p$ -valor=0.04) y número de plantas por surco (0.42,  $p$ -valor=0.05). Cabe resaltar que la mayor correlación (0.58,  $p$ -valor=0.00) se da entre las variables número de hojas por planta y número de plantas por surco, tal como se muestra en la Figura 10 para el cultivo de Marengo.

Por otro lado, en el caso del cultivo de Guasca el peso total de la quinua presenta un coeficiente de correlación bivariado de 0.45 ( $p$ -valor=0.01) con la variable número de hojas por planta y una correlación moderada con la variable altura de la planta (0.35,  $p$ -valor=0.03). Así mismo, existe una correlación importante (0.45,  $p$ -valor=0.00) que se da entre las variables número de panojas por plantas y número de plantas por surco (Figura 10).

Los análisis univariados establecen que el número promedio de hojas por planta de quinua difiere estadísticamente ( $p$ -valor=0.00) al 5% ante la presencia del cultivo interno, indicando que en presencia de cebolla se obtienen su mayor valor promedio (Figura 10).

Con respecto a la validación de estos resultados se verificó la existencia de multinormalidad basada en el estadístico mardia del  $mvntest$ , se incluye la prueba de normalidad univariada a través del test de Shapiro-Wilk (Shapiro, 1965). La continuidad de las variables dependientes está definida en la estructura de datos. Se valida la igualdad de las matrices de varianzas y covarianza a través de test  $boxM$  (Box, 1970). La independencia entre las observaciones se garantiza en el diseño experimental, donde no hay asociación entre las unidades experimentales con efecto de conservar la bordura necesaria en el cultivo.

#### **4.2.3. Análisis del efecto de los cultivos internos y externos sobre algunas variables de desarrollo y productividad de la quinua en las tres parcelas Marengo, Guasca y Carmen de Carupa.**

A continuación, se presentan los resultados, de los efectos de los cultivos internos y externos sobre las variables crecimiento y desarrollo de la quinua seleccionadas en cada una de las tres parcelas experimentales.

#### 4.2.3.1. Variables evaluadas en Marengo: número de hojas por planta y altura de la planta e incidencia del mildero.

Las gráficas 1 y 2 de la figura 11 nos muestran el efecto de los cultivos asociados en las variables de crecimiento y desarrollo de la quinua número de hojas por planta, altura de las plantas y la gráfica 3 la incidencia del mildero, en Marengo.

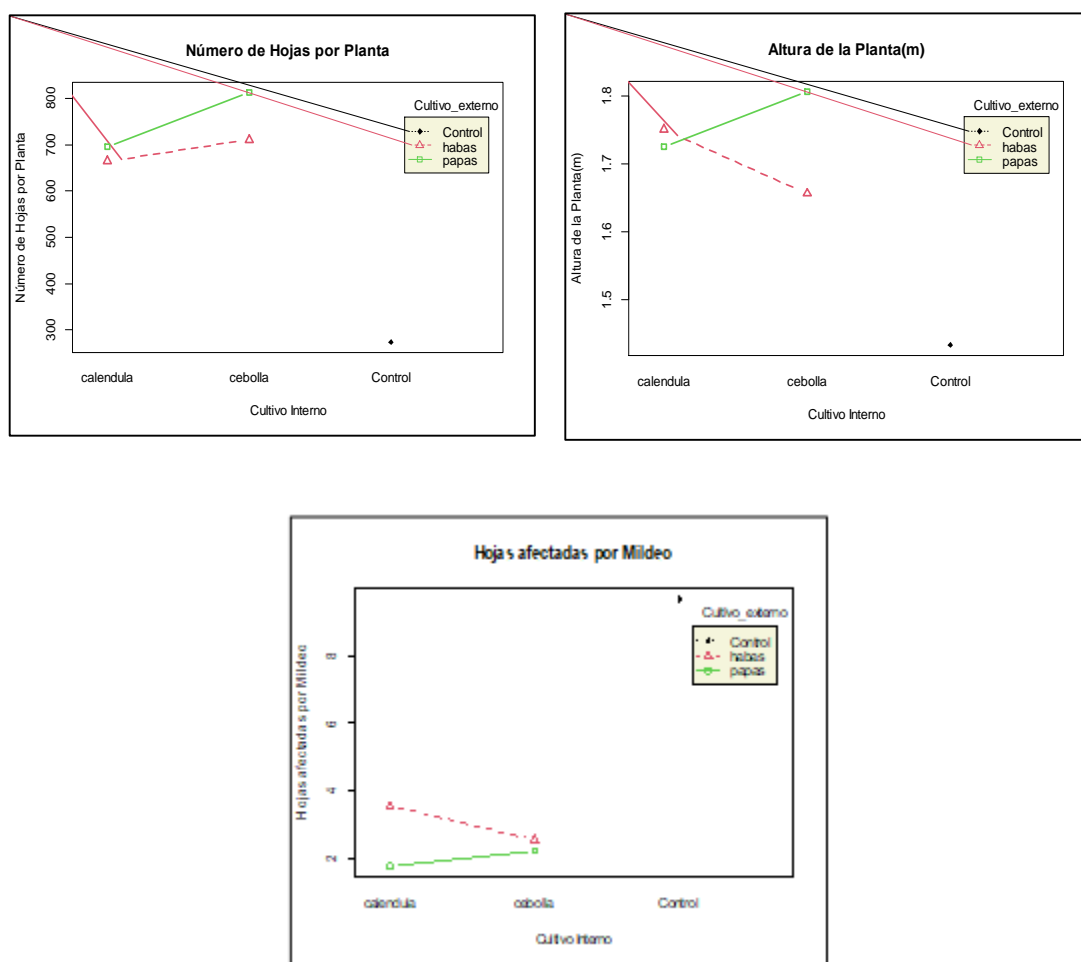


Figura 11. Perfiles entre variables del crecimiento y desarrollo de la quinua (Número de hojas por planta, altura de las plantas, hojas afectadas por mildero) en relación con los cultivos asociados en Marengo.

La valoración de la incidencia del mildero teniendo en cuenta el número de hojas afectadas. Luego de validar los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia se encontró que la cantidad de hojas con presencia de mildero difieren estadísticamente ( $p$ -valor=0.00) al 5% ante la

presencia del cultivo interno, siempre que lo que se tenga es la presencia de caléndula, destacando que efectivamente la caléndula es un biocontrolador del mildew en comparación con el cultivo control, en el que se tiene por lo menos cuatro veces más el número de hojas con esta patología.

#### 4.2.3.2. Variables evaluadas en Marengo en T1: peso panoja biomasa útil (semillas) y el peso total de la quinua.

Los resultados del modelo propuesto para analizar las variables relacionadas con peso de panojas sin hojas biomasa útil semillas y el peso total de la quinua, en una primera evaluación 4 meses después de la siembra, T1, se presentan en la figura 12 y en la tabla 6:

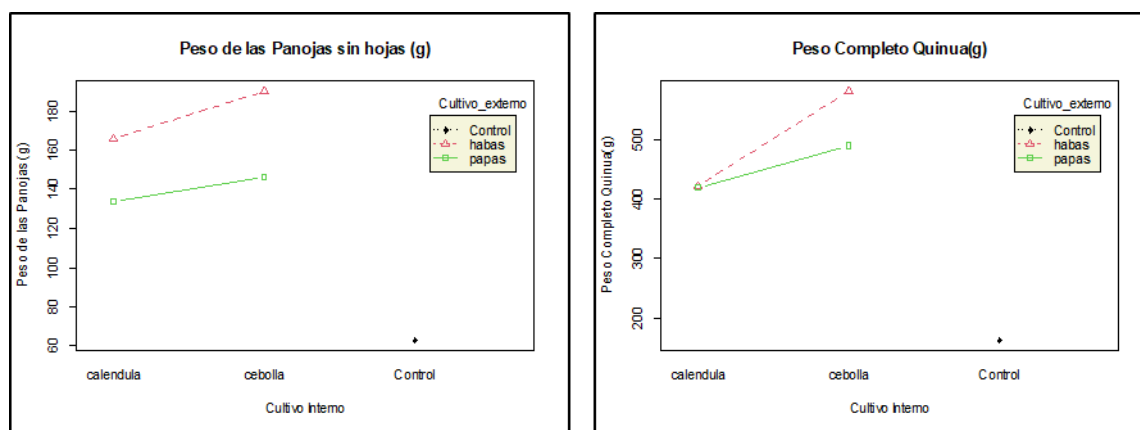


Figura 12. Análisis de perfiles entre variables del crecimiento y desarrollo de la quinua (peso de las panojas sin hojas biomasa útil semillas y peso completo de la planta de quinua), en relación con los cultivos asociados en Marengo T1

La Figura 12 muestra los análisis de perfiles (promedios estimados) basados en interacciones entre la quinua y los cultivos internos (caléndula y cebolla) y cultivos externos (papa y haba). El peso promedio de panojas sin hojas biomasa útil semillas difiere estadísticamente ( $p$ -valor=0.04) al 5% ante la presencia del cultivo interno, indicando que en presencia de cebolla se obtiene el mayor valor.

El peso completo de la quinua promedio difiere estadísticamente ante la presencia del cultivo interno o el cultivo externo (efectos principales significativos ( $p$ -valor=0.00) al 5%, indicando que

el mayor peso promedio de esta variable se obtiene con la presencia de cebolla como cultivo interno y haba como cultivo externo.

**Tabla 6.** Análisis de perfiles entre variables de crecimiento y desarrollo de la quinua (peso panojas sin hojas biomasa útil semillas y promedio peso completo de quinua), en relación con los cultivos asociados en Marengo (T1).

Variable (Cultivo Asociado)	Peso de las Panojas sin hojas (g)	Peso Completo quinua (g)	Promedio Peso Completo
Caléndula	150	421	453,5 (g)
Cebolla	168	536	
Habas	178	402	
Papa	140	455	
Control	63	163	

Considerando los promedios simples de la variable, peso de las panojas sin hojas biomasa útil semillas, en presencia de los cultivos asociados, supera en por lo menos 70 gramos al peso obtenido por esta variable en el tratamiento control 63 g. El promedio de la variable, peso completo de la quinua 4535 g, es entre dos y tres veces mayor al peso de la misma variable en la parcela control 163 g. El peso más alto de esta variable se presenta en presencia de cebolla como cultivo interno 536 g. (Tabla 6).

#### **4.2.3.3. Variables evaluadas en Marengo T2: número de panojas por planta, peso panoja sin hojas biomasa útil (semillas), peso total quinua, en relación con los cultivos asociados**

Los resultados del modelo propuesto para analizar las variables relacionadas con número de panojas por planta, peso panoja biomasa útil (semillas), el peso total de la quinua, en la segunda evaluación T2, a los seis meses después de la siembra, se presentan en la figura 13 y en la tabla 7.



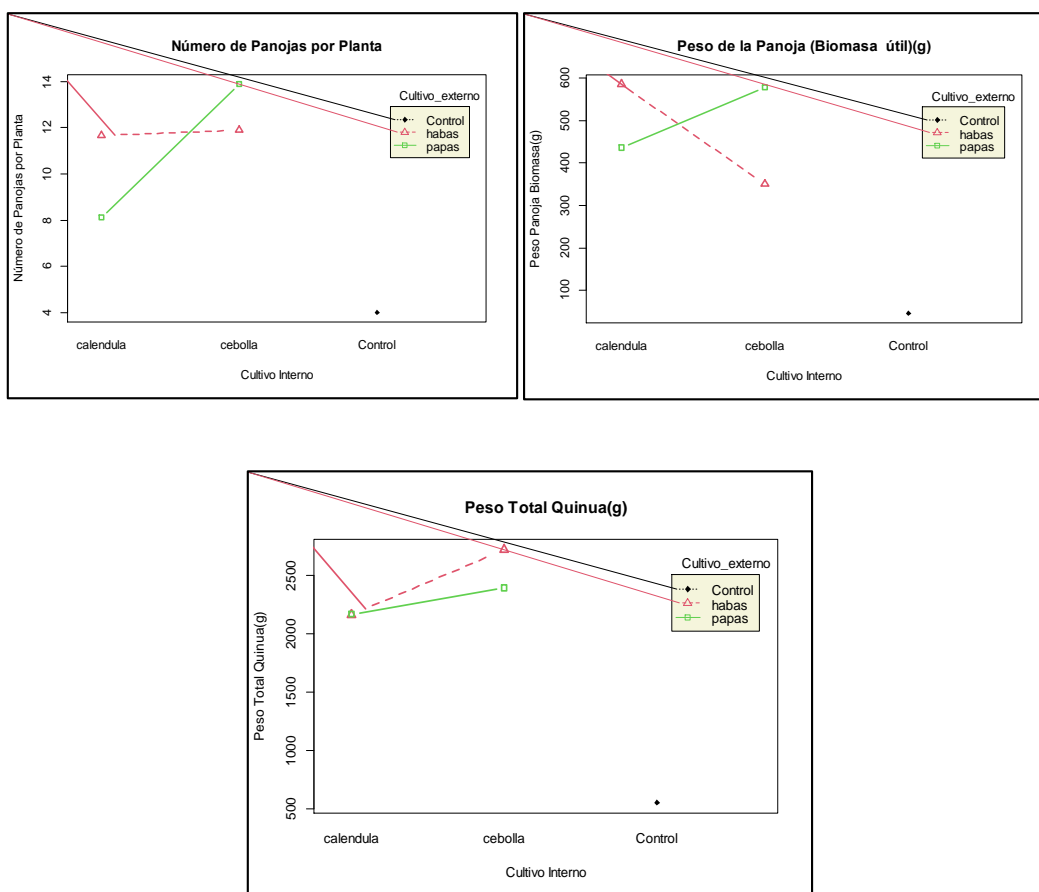


Figura 13. Análisis de perfiles entre variables del crecimiento y desarrollo de la quinua: número de panojas por planta, peso panoja biomasa útil (semillas), peso total quinua, en relación con los cultivos asociados en Marengo (T2).

Los resultados del modelo propuesto para analizar las variables relacionadas con número de panojas por planta, peso panoja sin hojas, biomasa útil (semillas), el peso total de la quinua, en la segunda evaluación T2, a los 6 meses después de la siembra, se presenta en la figura 13 y en la tabla 7.

El peso promedio de la quinua difiere estadísticamente ( $p$ -valor=0.00) al 5% ante la presencia del cultivo interno, indicando que en presencia de cebolla se obtiene el mayor peso promedio de la quinua.

**Tabla 7.** Análisis de perfiles entre variables del crecimiento y desarrollo de la quinua: número de panojas por planta, peso panojas sin hojas biomasa útil (semillas), peso total quinua en relación con los cultivos asociados en Marengo (T2)

Variable (Cultivo Asociado)	Número de Panojas por planta	Peso panoja biomasa útil (semillas) (g)	Peso total de la quinua (g)
Caléndula	10	511	2165
Cebolla	13	464	2556
Habas	12	468	2441
Papa	11	507	2281
Control	4	46	553

Así mismo, es importante acotar que la tabla de promedio presentada (Tabla 7) son los valores para los distintos tratamientos y en las gráficas se presentan los promedios de las combinaciones de tratamientos.

#### 4.2.3.4. Variables de crecimiento y desarrollo de la quinua en relación con los cultivos asociados en Guasca T1: número de hojas por planta y hojas afectadas por el mildew.

Los resultados del modelo propuesto para analizar las variables asociadas a crecimiento y desarrollo de la quinua relacionadas con los cultivos asociados, en la primera evaluación T1, a los cuatro meses después de la siembra, se presenta en la figura 14.

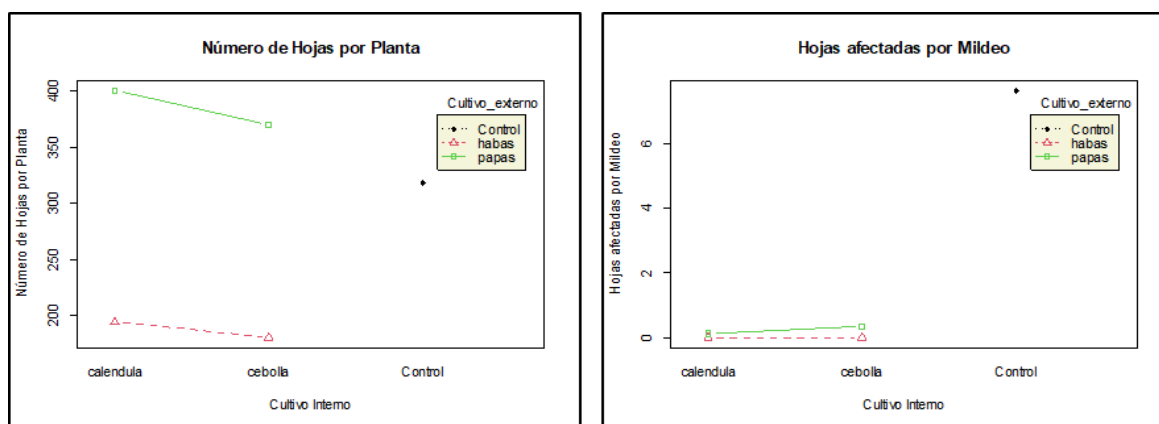


Figura 14. Análisis entre variables del crecimiento y desarrollo de la quinua: número de hojas por planta, hojas afectadas por mildew, en relación con los cultivos asociados en Guasca T1.

Los análisis univariados establecen que, cuando se evalúa la variable, número promedio de hojas por planta, los valores difieren estadísticamente ( $p$ -valor=0.05, efecto significativamente asintótico al 5%), en presencia de papa como cultivo externo y caléndula como cultivo interno. El mayor valor, 400 hojas por planta, se obtuvo en presencia de caléndula como cultivo interno y papa como cultivo externo. El segundo valor para esta variable fue 370 hojas por planta, se obtuvo con cebolla como cultivo interno y papa como cultivo externo. Estos valores son mayores al valor obtenido en la parcela control: 320 hojas por planta (Figura 14, Gráfica 1).

#### **4.2.3.5. Resultados de la evaluación de la incidencia del mildew**

En relación con la incidencia del mildew, luego de validar los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia se encontró que la cantidad de hojas con presencia de mildew difiere estadísticamente ( $p$ -valor=0.00) al 5% en presencia de caléndula y cebolla como cultivos internos y papa y habas como cultivo externo. El promedio de plantas afectadas por el mildew fue cercano a 1, en las asociaciones: caléndula con haba y caléndula con papa, un poco mayor, en la asociación cebolla con haba y cebolla con papa. En la parcela control quinua en monocultivo se presentó un promedio de 8 hojas afectadas para esta patología. (Figura 14, Gráfica 2).

#### **4.2.3.6. Variables de crecimiento y desarrollo de la quinua en relación con los cultivos asociados en Guasca T1: peso de panojas , peso panojas sin hojas biomasa útil (semillas) y el peso total de la quinua.**

Los resultados del modelo propuesto para analizar las variables asociadas a crecimiento y desarrollo de la quinua relacionadas con los cultivos asociados, en la primera evaluación T1, a los cuatro meses después de la siembra, se presentan en la tabla 8.

**Tabla 8.** Análisis de perfiles para la producción de quinua: peso panoja biomasa útil (semillas), peso total de la quinua, en relación de los cultivos asociados en Guasca (T1).

Variable (Asociación de cultivos)	Peso de biomasa (semillas) (g)	panoja útil	Peso total de la quinua (g)
Caléndula	96		263
Cebolla	96		271
Habas	101		286
Papa	90		248
Control	57		157

Considerando los promedios simples de la variable, peso promedio de las panojas sin hojas biomasa útil ( semillas) de quinua, en presencia de cultivos asociados, supera en por lo menos 60 gramos al tratamiento control. El promedio de la variable, peso de panojas biomasa útil (semillas), siempre es mayor en los cultivos asociados que en la parcela control 57 g. El mayor peso de esta variable se da cuando el cultivo externo es habas: 101 g. Cuando se evalúa la variable, peso total de la quinua, el resultado es siempre mayor al peso de la quinua en la parcela control, 157 g. El mayor valor de esta variable se presenta con habas como cultivo externo 286 g y en cebolla como cultivo interno, 271 g (Tabla 8).

El resultado del test MANOVA indica que el efecto del cultivo interno ha sido distinto estadísticamente ( $p$ -valor=0.00) al 5% en las variables peso de panojas biomasa útil (semillas) y peso completo de la quinua (g). La interacción doble entre el cultivo interno y el cultivo externo no presentaron diferencias significativas ( $p$ -valor=0.62) al 5% sobre los promedios de las variables en estudio. De manera similar a la sección anterior, se realizó a detalle la validación de los supuestos distribucionales del modelo. El peso de las panojas biomasa útil (semillas) no difiere estadísticamente ante la presencia del cultivo interno o el cultivo externo (interacción  $p$ -valor=0.30, cultivo externo  $p$ -valor=0.55, cultivo interno  $p$ -valor=0.84 y la interacción  $p$ -valor=0.57, cultivo externo  $p$ -valor=0.66 y cultivo interno  $p$ -valor=0.684, respectivamente) al 5%, indicando que estos pesos promedio son indiferentes ante la presencia de los tratamientos propuestos en

el experimento.

#### 4.2.3.7. Variables de crecimiento y desarrollo de la quinua en relación con los cultivos asociados en Guasca T2: número de panojas por planta, peso panoja biomasa útil (semillas), peso total quinua.

Los resultados del modelo propuesto para analizar las variables asociadas a crecimiento y desarrollo de la quinua relacionadas con los cultivos asociados, en la segunda evaluación T2, a los seis meses después de la siembra, se presenta en la figura 15 y en la tabla 9.

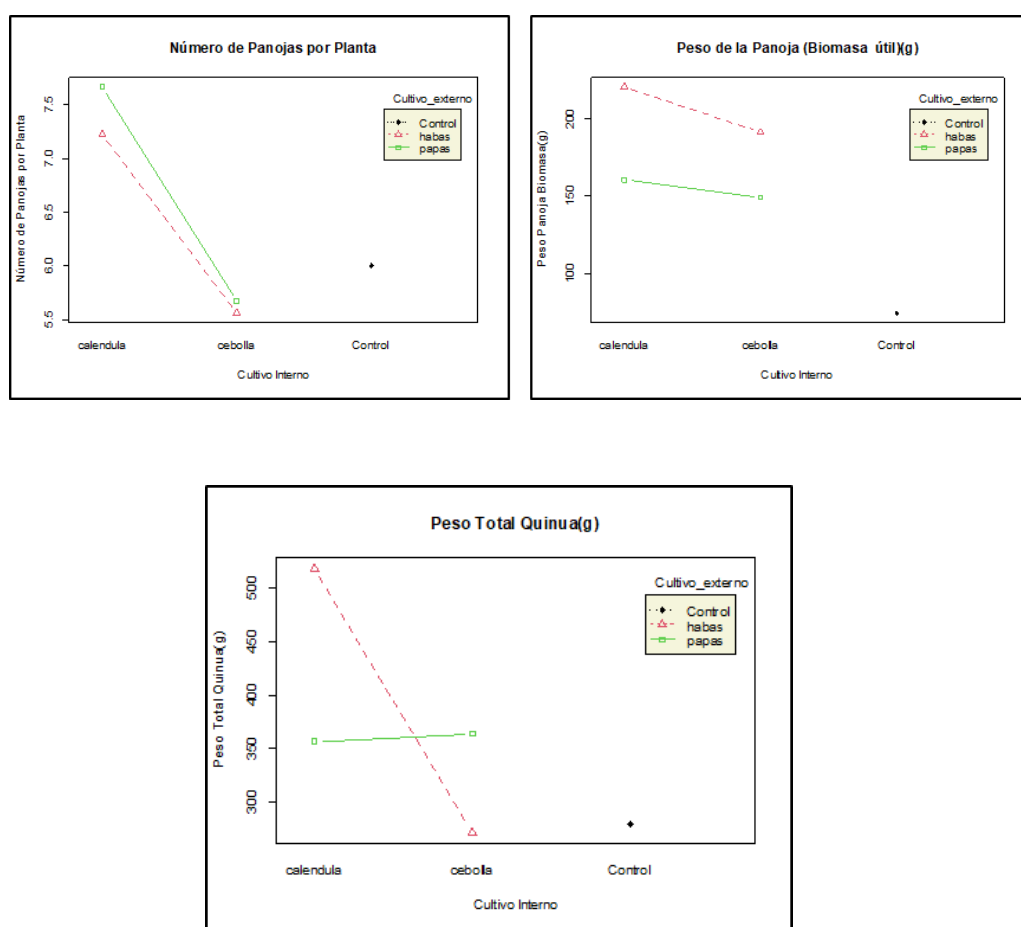


Figura 15. Análisis de perfiles para la producción de quinua: número de panojas por planta, peso panoja biomasa útil (semillas), peso total de la quinua, en relación de los cultivos asociados en Guasca (T2)

La Figura 15 muestra los análisis de perfiles (promedios estimados) basados en factores cultivo interno (caléndula y cebolla) y cultivo externo (papa y haba). El número promedio de panojas por

planta difiere estadísticamente  $p\text{-valor}=0.05$ , (efecto significativamente asintótico) al 5%, con caléndula como cultivo interno, se obtuvieron 7 panojas por planta y con papa como cultivo externo, 7 panojas por planta.

El peso promedio de la biomasa útil (semillas), difiere estadísticamente cuando el cultivo interno es caléndula y haba como cultivo externo. (efectos principales significativos  $p\text{-valor}=0.00$ ) al 5%, el mayor peso promedio de la biomasa útil (semillas), se obtuvo con caléndula como cultivo interno 191 g. y con haba como cultivo externo 206 g.

El peso total de la quinua difiere estadísticamente ante la presencia del cultivo interno y el cultivo externo (efectos principales significativo ( $p\text{-valor}=0.03$ ) al 5%. Con caléndula como cultivo interno, el peso total de la quinua fue de 437 gramos y con haba como cultivo externo fue 395 g. Siempre mayor al valor para esta variable en la parcela control, 280 g.

Debe acotarse que la tabla de promedio presentada (Tabla 9), son los valores para los distintos tratamientos y en las gráficas se presentan los promedios de las combinaciones de tratamientos.

**Tabla 9.** Análisis de perfiles para la producción de quinua: número de panojas por planta, peso panoja sin hojas biomasa útil (semillas), peso total de la quinua, en relación de los cultivos asociados en Guasca (T2)

Variable (Cultivo Asociado)	Número de Panojas por planta	Peso panoja biomasa útil (semillas) (g)	Peso total de la quinua (g)
Caléndula	7	191	437
Cebolla	6	170	318
Habas	6	206	395
Papa	7	155	361
Control	6	74	280

#### 4.2.3.8. Variables de crecimiento y desarrollo de la quinua en relación con los cultivos asociados en Carmen de Carupa T1: altura promedio de las plantas, número de plantas por surco, incidencia del mildew y peso total de la quinua.

Los resultados del modelo propuesto para analizar las variables de crecimiento y desarrollo de la quinua, relacionadas con los cultivos asociados, en Carmen de Carupa, en la primera evaluación T1, a los cuatro meses después de la siembra, se presentan en la tabla 10.

**Tabla 10. Promedios de crecimiento y producción por cultivo de quinua en relación con cultivos asociados en Carmen de Carupa T1**

<i>Variable</i>	<i>Cultivo Externo</i>	<i>Cultivo Interno</i>
	<i>Promedios</i>	<i>Promedios</i>
Altura promedio de la planta (m)	Semillas – Fruto Habas =0.9	Caléndula =0.9
	Tubérculos	Cebolla = 0.9
	Papas = 0.9	
	Control=0.9	
Número de plantas por surco	Semilla- Fruto	Caléndula =237
	Habas =148	Cebolla = 152
	Tubérculos	
	Papas = 263	
Control = 119		
Incidencia de mildew	Semilla-Fruto Habas =3.0	Caléndula =3.0
	Tubérculos	Cebolla = 3.0
	Papas = 3.0	
Control = No hubo evaluación por pérdida de plantas		
Peso total de la quinua (g)	Semilla- Fruto Habas =149.0	Caléndula =170.0
	Tubérculos	Cebolla = 132.0
	Papas = 190.0	
	Control = No hubo evaluación por pérdida de plantas	

La Tabla 10 muestra que para la altura promedio de las plantas no se observan diferencias en la altura alcanzada para los tratamientos. La parcela control alcanza el mismo valor para esta variable. Para la variable, número de plantas por surco se obtuvieron 263 plantas por surco con papa como cultivo externo y 148 plantas por surco con haba como cultivo externo. En presencia

de caléndula como cultivo interno, se obtuvieron 237 plantas por surco y en presencia de cebolla como cultivo interno, se obtuvieron 152 plantas por surco. Promedios siempre mayores a los resultados obtenidos en la parcela control 119 plantas por surco.

Los resultados de la incidencia del mildew son los siguientes: en presencia de caléndula como cultivo interno se obtuvieron 3 plantas con mildew. En presencia de cebolla como cultivo interno se obtuvieron 3 plantas con mildew. En presencia de papa como cultivo externo se obtuvieron 3 plantas con mildew, en presencia de haba como cultivo externo se obtuvieron 3 plantas con mildew. En la parcela control no pudo hacerse evaluación por pérdida de plantas por efectos del clima, heladas. En relación a la variable, peso promedio total de la planta de quinua, en presencia de papa como cultivo externo fue 190 gramos y en presencia de caléndula como cultivo interno 170 g. En la parcela control no hubo información por pérdida de las plantas por heladas y verano prolongado. (Tabla 10).

#### **4.3. Evaluación de la productividad total o integral de las parcelas determinada por las variables seleccionadas de la quinua + la biomasa de los cultivos asociados.**

La productividad total o integral, se determinó en cada subparcela según la variable seleccionada para la quinua + cultivo interno + cultivo externo. Se comparan los resultados obtenidos para la misma variable seleccionada de la quinua en la parcela control, quinua en monocultivo.

El resultado del test MANOVA (French, 2008) indica que el efecto del cultivo interno ha sido distinto estadísticamente ( $p$ -valor=0.03) al 5% en las variables peso de las panojas sin hojas (g), peso de los granos de la panoja y peso completo de la quinua (g). La interacción doble entre el cultivo interno y el cultivo externo no presentaron diferencias significativas ( $p$ -valor=0.69) al 5% sobre los promedios de las variables en estudio. De manera similar a la sección anterior, se realizó a detalle la validación de los supuestos distribucionales del modelo.



**4.3.1. Productividad total de los tratamientos, determinados por la variable: peso de panoja biomasa útil (semillas) de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T2.**

En la tabla 11 se presentan los resultados de la productividad de cada subparcela según el tratamiento establecido, en Marengo en T2 a los seis meses de la siembra. Se comparan los resultados obtenidos con la parcela control, para la variable seleccionada peso de panoja biomasa útil de la quinua.

**Tabla 11.** Productividad total de los tratamientos, determinados por la variable de quinua evaluada, peso panoja biomasa útil (semillas) + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno. Marengo T2

Tratamientos	(Biomasa útil) Semillas (g)	(Biomasa con Papa (g)	Biomasa con Cebolla (g)	Biomasa con Semilla de Haba (g)	Biomasa con Caléndula (g)	Parcela Control peso panoja biomasa útil (semillas) (g)	Peso panoja biomasa útil (semillas)+ cultivo Interno y Externo (g)
Externo con Haba Trat. 1	468	0	0	-217	(+46)	46	731
Interno con Cebolla Trat. 2	464	0	(+347)	(+190)	(0)*		1001
Interno con Caléndula Trat. 3	511	(+484)	0	0	(+49)		1044
Externo con Papa Trat 4	507	(+518)	(+394)	0	0		1419

NOTA: (+) Indica la ganancia en productividad al incluir la biomasa de los cultivos asociados (externo e interno) al peso de la variable evaluada de la quinua.

La mayor productividad de la biomasa útil, semillas, se da en presencia de la caléndula como cultivo interno (511 g) y de la papa como cultivo externo (507 g) y claramente supera unas 10 veces la producción de biomasa útil, semillas, en la parcela control, quinua en monocultivo, 46 g.

Analizando la productividad total de los tratamientos, determinado por la sumatoria de la biomasa

del indicador de la quinua que se evaluó, biomasa útil, semillas + la biomasa del cultivo interno + la biomasa del cultivo externo, se obtuvo la mayor biomasa total en los tratamientos 4 y 3. En el tratamiento 4 (quinua, papa y cebolla) se obtuvo un peso total de 1419 g. y en el tratamiento 3 (quinua, papa, caléndula) se obtuvo un peso total de 1044 g.

#### 4.3.2. Productividad total determinada por variable evaluada: peso total de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T2.

En la tabla 12 se presentan los resultados de la productividad de cada subparcela según el tratamiento establecido, en Marengo en T2 a los seis meses de la siembra. Se comparan los resultados obtenidos con la parcela control, para la variable seleccionada peso total de la quinua.

**Tabla 12.** Productividad total de los tratamientos determinados por la variable evaluada: peso biomasa total de la quinua + peso del cultivo externo + peso del cultivo interno. Marengo T2.

Variables Cultivos Asociados	Peso total Quinua (g)	Biomasa con Papa (g)	Biomasa con Cebolla (g)	Biomasa con Semilla de Haba (g)	Biomasa con Caléndula (g)	Parcela Control Peso total Quinua (g)	Productividad total Quinua + Peso Biomasa cultivo Interno y Externo (g)
Externo con Haba Trat. 1	2441	2441	2441	2658	2487	553	2704
		0	0	(+217)	(+46)		
Interno con Cebolla Trat. 2	2558	2558	2905	2558	2558		3095
		0	(+347)	(+190)	0		
Interno con Caléndula Trat. 3	2165	2165	2165	2165	2214		2698
		(+484)	0	0	(+49)		
Externo con Papa Trat. 4	2281	2799	2675	2281	2331		3193
		(+518)	(+394)	0	0		

NOTA: (+) Indica la ganancia en productividad al incluir la biomasa de los cultivos asociados (externo e interno) al peso de la variable evaluada de la quinua.

La mayor productividad de peso total de la quinua, se da en presencia de cebolla como cultivo interno, 2558 g. y de haba como cultivo externo y supera cinco veces esta variable en la parcela control quinua en monocultivo, 553 g.

Analizando la productividad total de los tratamientos, determinado por la sumatoria de la biomasa del indicador peso total de la quinua + la biomasa del cultivo interno + la biomasa del cultivo externo, se obtuvo la mayor biomasa total en los tratamientos 4 y 2. En el tratamiento 4 (quinua, papa y cebolla) se obtuvo un peso total de 3193 g. y en el tratamiento 2 (quinua, haba, cebolla), 3095 g.

En los demás tratamientos el resultado de la biomasa total siempre fue mayor al menos cuatro veces que la parcela testigo cuya biomasa total de la quinua fue de 553 g. Estos datos se registran en la Tabla 12.

#### **4.3.3. Productividad total determinado por la variable evaluada: peso de las panojas sin hojas biomasa útil (semillas) de la quinua + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno, Marengo T1.**

En la tabla 13 se presentan los resultados de la productividad de cada subparcela según el tratamiento establecido, en Marengo en T1 a los cuatro meses de la siembra.

Se comparan los resultados obtenidos con la parcela control, para cada variable seleccionada peso de las panojas sin hojas de la quinua.

La mayor productividad del peso de la panoja sin hojas se da en presencia del haba 178 g y de la cebolla 169 g y claramente supera por lo menos dos veces esta misma variable en la parcela control, 63 g.

Analizando la productividad total de cada tratamiento determinado por la sumatoria de la biomasa del indicador de la quinua que se evaluó (peso de la panoja sin hojas) + la biomasa del cultivo interno + la biomasa del cultivo externo, en el tratamiento 1 (quinua, semillas de habas y caléndula) se obtuvo un peso total de 441 g.

**Tabla 13. Productividad total determinado por la variable de quinua evaluada: el peso de la panoja sin hojas + el peso del cultivo externo + el peso del cultivo interno. Marengo T1**

VARIABLES CULTIVOS EXTERNOS E INTERNOS	Peso Quinua Panoja sin hojas (g)	Biomasa con Papa (g)	Biomasa con Cebolla(g)	Biomasa con Semilla de Haba (g)	Biomasa con Caléndula (g)	Parcela Control Peso Panoja sin hojas (g)	Peso de la panoja sin hojas + Peso Biomasa cultivo Interno y Externo (g)
Externo con Haba Trat. 1	178	178 0	178 0	395 (+217)	224 (+46)	63	441
Interno con Cebolla Trat. 2	169	169 0	516 (+347)	359 (+190)	169 0		706
Interno con Caléndula Trat. 3	150	634 (+484)	150 0	150 0	199 (+49)		683
Externo con Papa Trat. 4	140	658 (+518)	534 (+394)	140 0	140 0		1052

NOTA: (+) Indica la ganancia en productividad al incluir la biomasa de los cultivos asociados (externo e interno) al peso de la variable evaluada de la quinua.

En el tratamiento 2 (quinua, haba y cebolla) se obtuvo un peso total de 706 g. En el tratamiento 3 (quinua, papa, caléndula) se obtuvo un peso total de 683 g. En el tratamiento 4 (quinua, papa y cebolla) se obtuvo un peso total de 1052 g.

Como se observa la mayor productividad se da en el tratamiento 4, determinado por el peso de la papa 518 g y por el peso de la cebolla 394 g. El peso de la panoja sin hojas de quinua fue de 140 g en este tratamiento, a diferencia del tratamiento 1 (quinua, semillas de habas y caléndula) en el cual el peso de panoja de quinua sin hojas fue de 178 g.

Las mayores productividades de biomasa total de las parcelas se dan cuando la quinua interactúa con cebolla como cultivo interno y con papa y haba como cultivo externo (tratamientos 4 y 2).

#### 4.4. Análisis del efecto de los cultivos internos y externos en el desarrollo y productividad de la quinua y pruebas de combinaciones múltiples.

##### 4.4.1. Pruebas de combinaciones múltiples de medias para la papa y caléndula en relación con los cultivos asociados en Marengo T2.

En la tabla 14 se presentan los resultados de las pruebas de las combinaciones múltiples de las medias para la papa y caléndula, relacionadas con los cultivos asociados externos e internos, en la parcela de Marengo en tiempo T2 a los seis meses después de la siembra.

**Tabla 14:** Pruebas de combinaciones múltiples de medias para la papa y caléndula en relación con los cultivos asociados. Marengo T2

Variable	Cultivo	Diferencias	IC al 95% para la diferencia de medias	p-valor	Promedio (g)
Peso planta de Papa (Biomasa útil)	Cultivo Interno	Cebolla vs Caléndula	[-387.7; 163.92]	0.03*	Cebolla =332 g
		Control vs Caléndula	[-833.9; 53.8]	0.02*	Caléndula =443.8 g
		Cebolla vs Control	[-722.0; 58.0]	0.10	Control = 0.0
Peso planta de la Caléndula	Cultivo Externo	Habas vs. Control	[471.3; 1811.9]	0.00*	Habas =1141.6 g
		Control vs. Papas	[577.7; 1918.2]	0.00*	Papas = 1248 g
		Habas vs Papas	[-367.6; 580.2]	0.83	Control = 0.0
Peso inflorescencias Caléndula	Cultivo Externo	Habas vs. Control	[21.9; 129.7]	0.00*	Habas =75.8 g
		Control vs. Papas	[29.0; 136.9]	0.00*	Papas = 83 g
		Habas vs Papas	[-31.0; 45.2]	0.88	Control = 0.0 g

NOTA: (\*) Indica que la diferencia de medias es estadísticamente significativa al 5%.

Los resultados muestran que el promedio del peso de la planta de papa en su biomasa útil difiere estadísticamente al 5% en presencia de cebolla y de caléndula. Además, el promedio de peso de la caléndula es afectado por la papa como cultivo externo.

La productividad de la papa con cebolla como cultivo interno es de 332 gramos. La productividad de la papa con caléndula como cultivo interno es de 443.8 gramos. El peso de la caléndula en presencia de haba es de 1141.6 g y en presencia de papa es 1248 g. El promedio del peso de la

flor de la caléndula en su biomasa útil caléndula no difiere estadísticamente al 5% de la presencia de la papa y el haba (Tabla 14).

#### 4.4.2. Pruebas de combinaciones múltiples de medias para haba y caléndula en relación con los cultivos asociados en Guasca.

En la tabla 15 se presentan los resultados de las pruebas de las combinaciones múltiples de las medias para el haba y caléndula, relacionadas con los cultivos asociados externos e internos, en la parcela de Guasca.

**Tabla 15.** Promedios de producción para los cultivos de haba y caléndula en Guasca en relación de los cultivos asociados.

Variables	Variabes Interna y Externa (Cultivos Asociados)	Promedios
Peso planta de Haba	Cultivo Interno	Cebolla =185.0
		Caléndula =226.0*
		Control = 0.0
Peso Inflorescencias Caléndula (Biomasa útil)	Cultivo Externo	Habas =29.0
		Papas = 26.0
		Control = 0.0
Peso planta de la Caléndula	Cultivo Externo	Habas =401.0
		Papas = 335.0
		Control = 0.0

**NOTA:** En este caso el peso obtenido en el control es cero, por tratarse de los cultivos internos y externos.

El peso promedio de la planta de haba es 41 gramos superior ante la presencia de caléndula (226 g) en comparación del cultivo de cebolla (185 g). Con relación a la presencia del cultivo externo se tienen que, el peso promedio de la flor de la caléndula (biomasa útil) no es muy diferente ante la presencia de haba (29 g) en comparación del cultivo de papa (26 g). El peso promedio de la planta de caléndula es 66 gramos superior ante la presencia de habas (401 g) en comparación

del cultivo de papa (335 g).

#### 4.4.3. Promedios de producción para el cultivo de caléndula, *Calendula officinalis* L. en relación con los cultivos externos (haba y papa) asociados en Carmen de Carupa.

**Tabla 16.** Promedios de producción para el cultivo de caléndula, *Calendula officinalis* L. en relación con el cultivo externo asociados en Carmen de Carupa.

Caléndula officinalis L.	Variables	Promedios Peso Caléndula (g)
		Habas =164.0
Peso planta de la Caléndula	Cultivo Externo	Papas = 99.0
		Control = 0.0
Peso Inflorescencias de la Caléndula	Cultivo Externo	Habas =40.0
		Papas = 39.0
		Control = 0.0

Con relación a la presencia del cultivo externo se tiene que el peso promedio de la planta de caléndula en presencia de papa es 99 gramos. Cuando el cultivo externo es haba el peso de la caléndula es 164 gramos, es decir 65 gramos superior.

El peso promedio de la flor de la caléndula es semejante tanto cuando el cultivo externo es haba (40 g) como cuando el cultivo externo es de papa (39 g).

## 5. Capítulo 5. Discusión.

### 5.1. Discusión sobre los resultados de la tipificación de los productores de quinua de los municipios de Guasca y Carmen de Carupa.

Los resultados de la tipificación de los productores de quinua de Guasca y de Carmen de Carupa, mostraron en general, que en los sistemas de producción de quinua en los dos municipios, se mantiene la cultura de utilización de agroquímicos. Las prácticas de conservación de los recursos, suelo y agua, son moderadas y no son el objetivo principal en el manejo de dichos sistemas. La presencia de cobertura vegetal es moderada y la mayoría de los productores no desarrollan estrategias para mejorar las propiedades del suelo y potenciar los procesos naturales en los

cultivos.

Los diferentes tipos de agricultores caracterizados en los municipios de Guasca y Carupa se ubican dentro de las clasificaciones de los productores de quinua en otros países. En el Perú, por ejemplo, se describen las siguientes categorías de productores de quinua: I. Agricultura con producción de subsistencia. II. Agricultura familiar de pequeños negocios rurales. III. Agricultura de producción comercial (pequeños y medianos productores). IV. Agricultura intensiva y de agro exportación: producción agraria empresarial. (IICA, 2015). Los productores de quinua de Guasca y de Carmen de Carupa se pueden ubicar en las categorías I y II. En Carmen de Carupa un solo productor se podría ubicar en la categoría III.

Bazile et al., (2014) explican que la forma de cultivar la quinua en las diferentes regiones y en los diferentes países obedece a “modelos agroecológicos propios que se imponen también como los más idóneos en los ambientes frágiles de la zona andina, que están siempre sometidos a fuertes limitaciones.” Lo anterior puede explicar la diversidad de tipos de manejo encontrado en los sistemas de producción en los dos municipios.

Los resultados de este análisis de caracterización de los productores de quinua de Guasca y Carmen de Carupa coinciden con la percepción del equipo de trabajo de Morillo et al. (2019) sobre las características del cultivo de quinua en el departamento de Boyacá, que podrían extrapolarse a la zona andina en otros departamentos de Colombia especialmente Nariño y Cauca, entre las cuales se destaca: la baja tecnificación, el desconocimiento del mercado y de la cadena de valor de la quinua, cultivo que es estratégico para mejorar la seguridad alimentaria y economía de los pequeños agricultores. Guerrero (2018) mostró la importancia de la quinua como una alternativa productiva de desarrollo rural y socioeconómica para la comunidad indígena Yanaconas en el corregimiento de Guachicono. En este municipio donde las pocas oportunidades laborales son limitadas y el sustento de la comunidad depende principalmente de la actividad



agrícola, este cultivo se presentó como una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria y contribuir a la generación de ingresos de la unidad agrícola familiar (UAF).

## **5.2. Discusión de las variables del desarrollo y productividad de la quinua, *Chenopodium quinoa* Willd., variedad “Blanca de Jericó” asociada a diferentes cultivos.**

En las condiciones en las cuales se desarrolló la investigación, la quinua asociada con los cultivos propuestos, los resultados de las variables de desarrollo y productividad de la quinua evaluadas, presentaron resultados altos, en comparación con las mismas variables evaluadas para la parcela control, quinua en monocultivo, que siempre fueron menores.

Según los cálculos de productividad por hectárea, en las condiciones de siembra de este experimento, sin aplicación de fertilizantes, fungicidas e insecticidas, en la parcela de Marengo, parcela de referencia, por tener las mejores condiciones ambientales y de manejo, la productividad se acercó a los 3.1 ton/ha. y en la parcela de Guasca, la productividad promedio se acercó a 1.6 Ton/ha.

Es importante tener en cuenta que durante el ciclo productivo se presentaron heladas en todas las parcelas. Estos promedios se aproximan a las productividades obtenidas en diferentes regiones, en Argentina se presentaron las siguientes productividades de quinua entre 3.703 kg y 4.320 kg en huertas familiares, con diferentes densidades de siembra (Recalde, 2007). (Delgado et al., 2009) reportaron rendimientos por hectárea de quinua, que varían entre 1.9 ton/ha. a 2.6 Ton/ha, cuando evaluaron 16 genotipos de quinua dulce, *Chenopodium quinoa* Willd, en el municipio de Iles, Nariño, Colombia.

En el departamento del Cauca Colombia, la comunidad Yanaconas en el corregimiento de Guachicono, municipio de la Vega mediante estrategias planteadas para recuperar el cultivo de

la quinua como cultivo ancestral y con la aplicación de métodos tradicionales, se obtuvieron rendimientos entre 2 y 2.6 toneladas por hectárea con el uso de media tonelada de materia orgánica como único insumo (Guerrero, 2018).

### **5.3. Discusión general sobre de la productividad total o integral de las parcelas determinada por la variable seleccionada, peso total de la quinua + la biomasa de los cultivos asociados, en los diferentes tratamientos.**

Analizando la productividad total, determinada por la sumatoria de la variable seleccionada, peso total de la quinua + la biomasa del cultivo interno + la biomasa del cultivo externo, en las parcelas o tratamientos, se obtuvo la mayor biomasa total en los tratamientos 4 y 2. En el tratamiento 4 (quinua, papa y cebolla) se obtuvo un peso total de 3193 g. y en el tratamiento 2 (quinua, haba, cebolla), un peso total de 3095 g. En el tratamiento 1 (quinua, haba, caléndula ) el peso total fue 2704 g. y en el tratamiento 3 (quinua, papa, caléndula) el peso total fue 2698 g. Aunque en los tratamientos 1 y 3 los valores de biomasa total fueron inferiores a los tratamiento 4 y 2, estos valores fueron siempre mayores, al peso total de la planta de quinua, en la parcela testigo 553 g.

La papa, el haba y la cebolla como especies asociadas a la quinua contribuyen a mejorar la seguridad alimentaria de las familias y la economía de la finca. A su vez la caléndula, como planta medicinal y nutracéutica tiene buena acogida en los mercados.

Teniendo en cuenta que según (Vandermeer, 1989, citado en Altieri, 2002, p. 50) “La asociación de cultivos «son sistemas complejos en los cuales dos o más especies vegetales se plantan con suficiente proximidad espacial para dar como resultado una competencia o una complementación»

Los datos anteriores muestran que en esta investigación, los cultivos asociados no interfieren en

el desarrollo y productividad de la quinua, o sea que no hay competencia entre la quinua y los cultivos. Esto es válido, tanto para la variable peso total de quinua, como para todas las demás variables evaluadas. Los resultados de productividad total en todos los tratamientos o parcelas evaluadas, mostraron que hubo efectos complementarios entre las especies y que hubo utilización eficiente de la tierra y de sus recursos.

Los resultados anteriores se apoyan en afirmaciones de los siguientes autores:

(Tamayo & Alegre, 2022) plantean que “a pesar de que un sistema biodiverso puede registrar mermas en el rendimiento de un determinado cultivo por la menor abundancia de una especie, en comparación con el sistema simplificado (Ebel et al., 2017); genera una mayor eficiencia en términos agronómicos al considerar el efecto individual de cada uno de los componentes y la producción generada como un conjunto, obteniéndose una respuesta global mayor que el monocultivo. También estudios realizados con mezcla de variedades de frijol asociados e intercalados con maíz en Ecuador han reportado valores de índice equivalente de tierra (LER, por sus siglas en inglés), superiores a uno (Ochoa Lozano, 2018).

Tamayo y Alegre (2022) agregan: “La obtención de mejor producción es un aspecto importante para el desarrollo de una agricultura sustentable. Al analizar investigaciones relacionadas con la asociación maíz-frijol-calabaza (milpa) en México y Colombia, se evidencia atributos importantes en su siembra en comparación con su simplificación. Los principales resultados evidencian una mejor eficiencia en el uso de la tierra expresada en unidades equivalente de terreno (UET) (LER, por sus siglas en inglés); incluso, mientras más diverso es el arreglo, mejor resultado de este índice (Molina-Anzures et al., 2016)”.

“El aprovechamiento de los nutrientes en los ecosistemas naturales o en los agroecosistemas, es más eficiente que en los monocultivos, hay ocupación plena de los recursos, lo que significa que no hay recursos desaprovechados. El ciclado de nutrientes que es un proceso fundamental en

los ecosistemas se lleva a cabo con la muerte y posterior descomposición de los organismos vivos, los nutrientes retornan al ambiente quedando disponibles para ser aprovechados nuevamente por las plantas” (Sarandón & Flores, 2014 Cap. 8, p. 211).

“El manejo de los agroecosistemas debe buscar eficiencia en el uso de los recursos, mediante un aumento de la biodiversidad espacial y temporal”. (Sarandón, 2014, p. 128).

#### **5.4. Discusión sobre el efecto de los cultivos internos y externos sobre la productividad total de la quinua y pruebas de combinaciones múltiples.**

Los resultados sobre la productividad total de la quinua y otras variables evaluadas, demostraron que las asociaciones contribuyen a mejorar la productividad de la quinua como cultivo principal, como se demuestra cuando se comparan las mismas variables en la parcela testigo quinua en monocultivo.

En Marengo, la mayor productividad del peso total de la quinua, se da en presencia de cebolla como cultivo interno y en presencia de haba como cultivo externo, 2241 g. por planta. Este valor supera el peso total de la quinua, 553 g, en la parcela control, quinua en monocultivo. (Tabla 7).

En Guasca con la misma asociación, la productividad total de la quinua con haba fue 286 g por planta y en la parcela control es de 157 g. (Tabla 8).

Los resultados anteriores se complementan con los resultados de los siguientes autores

Basantes et al., (2022) quienes sembraron quinua en monocultivo y asociado con haba en Ecuador determinaron, que “al sembrar quinua asociada con haba se incrementa la productividad, ya que el haba no solo sirve como aporte de N al cultivo, sino que controla malezas, evita la pérdida de humedad y ayuda en el control de plagas, ya que no se aplicó ningún fitosanitario.

Jarillo et al.,(2017), reportaron la importancia ecológica del haba, *Vicia faba* L. en relación con las

siguientes características: fijación de nitrógeno en el suelo, su alto valor nutritivo, su potencial de uso como abono verde, así como su capacidad de crecer y desarrollarse en medio de una alta diversidad de especies.

“La relación simbiótica del *Rhizobium* y plantas leguminosas es una fuente potencial para el aprovechamiento del nitrógeno atmosférico. Las habas (*Vicia faba* L.) noduladas bajo condiciones apropiadas fijan un promedio de 210 kg nitrógeno por hectárea en un año (Oliver, 2017). La inoculación de las semillas es más económica que cualquier fertilización, mantiene o mejora la fertilidad del suelo, aumenta los rendimientos y no contamina el suelo ni el agua” (Oliver, 2017, p. 41). Jarillo et al., (2017),

Peñaranda (2007), evaluó las asociación de quinua con haba y quinua con tarwi a diferentes densidades, concluye lo siguiente:” desde el punto de vista del productor para obtener mayores ingresos es conveniente asociar en primer lugar quinua con haba intercalados a un surco de cada cultivo” también concluye, que “desde el punto de vista económico si consideramos los rendimientos solamente para cada especie, se obtienen mayores ingresos cuando la siembra es en monocultivo, pero considerando los rendimientos totales (suma de ingresos de las dos especies) los ingresos netos de las asociaciones superan a los ingresos del monocultivo” (p. 101).

Monsalve (1988), evaluó el sistema de intercalar el cultivo de la papa con cebolla como una alternativa favorable para los productores de papa en Nariño. Se realizó un ensayo con la variedad denominada parda pastusa intercalada con cebolla de rama Blanca Común, utilizando tres épocas y tres densidades de siembra de la cebolla para evaluar el efecto de estos tratamientos sobre: rendimiento, tamaño de tubérculos entre otras variables. También se evaluaron los beneficios económicos de diferentes arreglos del sistema, la competencia relativa de los dos cultivos y el uso eficiente de la tierra (U. E. T.). La cebolla no afectó el rendimiento de papa ni el tamaño de los tubérculos de papa. El más alto valor de uso eficiente de la tierra se

obtuvo al intercalar papa con cebolla en siembra simultánea, a una distancia de 40 cm.

### **5.5. Discusión sobre los cultivos asociados, el almacenamiento de carbono y la mitigación del cambio climático**

Los resultados de este trabajo de investigación plantean un modelo alternativo al modelo de producción de algunos productores de quinua en el departamento de Cundinamarca, al proponer un uso eficiente de la tierra con la asociación de cultivos propios de la zona agroecológica y propios de la cultura alimentaria. Se promueve el mantenimiento de la diversidad genética local, el uso integral de toda la biomasa de la quinua tanto las semillas y sus hojas jóvenes para la alimentación de los humanos, así como la biomasa y los desechos de cosecha para alimentación de los animales y para el mejoramiento de los abonos orgánicos que a su vez mejoran las propiedades de los suelos. Todo lo anterior mejora la seguridad alimentaria y la economía de los sistemas de producción diversificados. Los sistemas diversificados propuestos a su vez almacenan Carbono para mitigar los efectos de invernadero en la atmósfera.

Tamayo y Alegre (2022), plantean que “La modificación del ambiente provocada por el cambio climático podría poner en riesgo la posibilidad de generar alimentos de una manera estable y suficiente (Vargas, 2011). Este fenómeno es generado por el incremento de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, principalmente dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2013). Frente a esto, la implementación de cultivos asociados constituye una estrategia eficaz a fin de almacenar carbono y disminuir la emisión de GEI asociados a la actividad agropecuaria”.

“Las tasas de secuestro de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CH}_4$  están relacionadas con la biodiversidad existente en los predios agropecuarios. Los arreglos de tipo agroforestal han sido los principales sistemas investigados en este aspecto, principalmente en zonas tropicales de Perú, Colombia Ecuador, México, Nicaragua, Costa Rica y Bolivia. Los resultados hallados demuestran mayor capacidad

de almacenamiento de carbono (Alegre, 2017; Canal Daza y Andrade, 2019; Jadán et al., 2012; Palm et al., 2002)

Altieri, M. A., & Nicholls, C. (2008) mediante sus investigaciones demuestran que “ muchas de las estrategias agroecológicas tradicionales que reducen la vulnerabilidad a la variabilidad climática incluyen la diversificación de cultivos, el mantenimiento de la diversidad genética local, la integración animal, la adición de materia orgánica al suelo, la cosecha de agua, etc. Estas innovaciones son la base concreta que las comunidades vulnerables pueden utilizar y movilizar para diseñar sistemas agrícolas que se vuelvan cada vez más resilientes a los extremos climáticos mientras esperan que se materialicen programas gubernamentales e internacionales de reducción de riesgos, sistemas tempranos de información climática, proyectos de prevención y mitigación de desastres, etc.

### **5.6. Discusión sobre la quinua *Chenopodium quinoa* Willd, el haba *Vicia faba* L y la papa, *Solanum tuberosum* L. desde las dimensiones ambiental, social, económica y cultural**

La quinua, el haba y la papa nativa se presentan como una alternativa productiva de desarrollo rural y socioeconómica para las comunidades cuyas oportunidades laborales son limitadas y el sustento de la comunidad depende principalmente de la actividad agrícola. Estos cultivos, además de proveer de seguridad y soberanía alimentaria para las familias productoras contribuye en la generación de ingresos de la unidad agrícola familiar. Finalmente, se presentan como alternativa para la sustitución de cultivos ilícitos como la amapola y la coca que solo han dejado pobreza, descomposición social y desplazamiento (Guerrero, 2017).

“Desde lo socio-cultural: la papa nativa se define desde la concepción ancestral del cultivo. La papa nativa junto a tantos otros productos agropecuarios representa para Colombia una tradición

ligada al campesino y a sus relaciones sociales. Alrededor de este producto hay mercados de intercambio que se fundamentan en el trueque y la protección de las semillas” (Gobernación de Boyacá, 2021).

Las papas nativas constituyen en una alternativa viable desde lo económico, lo social y lo ambiental ya que su cultivo se fundamenta en prácticas y conocimientos que conservan la agrobiodiversidad y la cultura de las zonas en donde se producen (Meinzen et al., 2011).

Además, las papas nativas se cultivan en arreglos que diversifican la producción agraria (Ritter et al., 2009) y que no requieren controles químicos o manejos complejos. Se han identificado ventajas de la papa en cultivos diversificados, para disminuir la erosión del suelo y el uso de insumos, ya que existe un equilibrio ecológico que impide el desarrollo de plagas y enfermedades y se mantiene la fertilidad del suelo, lo cual deriva en la simplificación del manejo y la disminución de presiones sobre los sistemas agrícolas (Galluzzi et al., 2010).

Las anteriores apreciaciones sobre las papas nativas pueden ser aplicadas al cultivo de la quinua y al cultivo del haba en la zona Andina de Colombia y de América.

Sobre el haba *Vicia faba* L., como alimento Fuentes- Herrera (2018), escribe que: “es uno de los alimentos adecuados para contribuir a satisfacer las necesidades nutricionales de la población mundial creciente, debido a su gran aporte proteico, acrecentado por su alto contenido de fibra y una variedad de compuestos bioactivos con potencial para mejorar la salud y prevenir enfermedades “

Jarillo et al., (2017) reportan la siguiente descripción sobre el haba “*Vicia faba* L: de Díaz-Bautista et al. (2008): “el haba posee un alto potencial productivo, nutritivo , ecológico, económico y social para la región de la sierra norte del estado de Puebla, que pueden contribuir a mejorar la seguridad alimentaria y economía de las familias campesinas”.



## **5.7. Discusión sobre la incidencia del mildew causado por *Peronospora variabilis* Gäum.**

Los resultados de la presente investigación, en relación con la evaluación preliminar de la incidencia del mildew, mostraron que en el tiempo de la experimentación y en las condiciones reales y ambientales, de ese momento, la quinua asociada con los cultivos propuestos, presentó siempre una menor incidencia de la enfermedad comparada con la parcela testigo, quinua en monocultivo, la cual tuvo un crecimiento lento, generó menor productividad y una mayor incidencia del mildew.

La asociación de cultivos, favorece los flujos de energía en los ecosistemas a través de los cambios de estado del agua que circula en el mismo. Cada planta del sistema tiene una intensidad metabólica diferente y los procesos de evapotranspiración son diferentes, en intensidad y en el tiempo. Cuando el agua de los procesos de transpiración, se evapora, el sistema se refresca pues se absorben desde el sistema 560 calorías/g. Cuando el agua pasa de estado de vapor a líquido, se calienta el sistema, debido a que se liberan 560 calorías/g. De esta manera el clima interno de los sistemas de producción se regula, manteniendo cierto equilibrio en la humedad relativa y en la temperatura interna del sistema (Barco - Gamarra, 2019). Es de tener en cuenta que la incidencia de la enfermedad aumenta cuando la humedad relativa aumenta.

Vásquez & Fernández (2007) en relación a los resultados de múltiples experiencias exitosas en Cuba, escriben lo siguiente” sobre el manejo de plagas y enfermedades, las características agroecológicas de la unidad o sistema de producción son fundamentales. Se ha demostrado que el control de estos organismos, insectos y agentes causales de enfermedades no se logra cuando se los ataca directamente o se protege el cultivo, sino cuando se maneja el sistema de producción mediante prácticas que contribuyan a disminuir las causas por las cuales las plagas y las enfermedades se presentan o se incrementan (Vásquez, 2004).

Diversos estudios a nivel mundial han permitido demostrar que la agricultura es primero cultura y después tecnología (IICA, 2000), lo que sugiere que el componente social es decisivo, sobre todo para sistemas de producción pequeños y de bajos insumos, tanto en las zonas rurales como urbanas (Vásquez & Fernández, 2007).

Las especies asociadas en las parcelas establecidas en esta investigación, presentan diferentes mecanismos para fijar carbono, durante la fase oscura de la fotosíntesis. Las dicotiledóneas poseen mecanismo C3 y las monocotiledóneas poseen mecanismos C4 y C3. Las tasas metabólicas y los procesos de evapotranspiración son diferentes para cada una de las especies que se asocian. En las asociaciones, se crean microclimas en el interior y en el exterior de cada parcela, determinado por las relaciones entre las plantas y el ambiente, con sus componentes abióticos: lluvias, intensidad de luz, humedad relativa, temperatura, etc. que inciden en su comportamiento (Ruffino, 2008).

Chirinos (2019), en su trabajo “Evaluación de residuos del pesticida clorpirifos en semillas de quinua *Chenopodium quinoa* Willd. por cromatografía gaseosa” cuyo objetivo fue evaluar los residuos del clorpirifos, un insecticida organofosforado, en 12 muestras de quinua, determinó que todas las muestras analizadas contenían residuos de este plaguicida.

La residualidad de los insecticidas organofosforados en la planta genera costos ambientales y en la salud de los humanos quienes lo reciben a través de la cadena trófica ya que puede acumularse en la leche bovina que luego es consumida por los humanos (Alvarado et al., 2022). El clorpirifos es uno de los insecticidas organofosforados más utilizados en la agricultura y a nivel residencial. La exposición aguda y repetida a este insecticida puede causar alteraciones en el desarrollo, en el sistema inmune y alteraciones neurológicas y neuroconductuales (Moyano, 2016).

Chirinos (2019), además informa que el Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú en el año 2014 reportó residualidad de 18 plaguicidas en los análisis de las 50 muestras de quinua.

Los modelos de producción de quinua de la agricultura convencional que utilizan fertilizantes de la petroquímica, insecticidas y fungicidas de síntesis química, aumentando los costos económicos de la producción por la compra de insumos y por los costos de aplicación de los mismos. Así mismo se generan costos ecológicos y ambientales por la residualidad en el suelo, en el agua y sobre todo en las plantas de la quinua.

## **6. Capítulo . Conclusiones**

1. Los productores de quinua de Guasca y de Carmen de Carupa del departamento de Cundinamarca Colombia se pueden ubicar en tres categorías: Categoría 1, agricultura con producción de subsistencia. Categoría 2, agricultura familiar de pequeños negocios rurales y Categoría 3, agricultura de producción comercial (pequeños y medianos productores). Cada grupo obedece a modelos de producción, que se imponen por tradición y cultura en cada uno de los ambientes sociales y económicos de los territorios en los cuales se ubican las fincas donde se establecen los cultivos.

2. Los datos estadísticos descriptivos para las variables de productividad y desarrollo de la quinua *Chenopodium quinoa* Willd., variedad “Blanca de Jericó”, sembrada con cebolla o caléndula, como cultivos internos y con haba o papa, como cultivos externos, presentaron, en los tratamientos, valores altos en todas las variables evaluadas. Cuando se determinaron las mismas variables en la parcela testigo, quinua en monocultivo, los resultados siempre fueron menores.

3. Los mayores valores para las variables seleccionadas de desarrollo y productividad de la quinua asociada a los cultivos, cebolla o caléndula y haba o papa distribuidos en las parcelas siempre fueron mayores en el tratamiento 2 (quinua + cebolla como cultivo interno y haba como cultivo externo) y en el tratamiento 4 (quinua + cebolla como cultivo interno y papa nativa pepina como cultivo externo), pero no muy diferentes a los tratamientos 1 (quinua, haba, caléndula) y 3 (quinua, papa, caléndula). Los valores en todos los tratamientos superaron casi 5 veces el peso

total de las mismas variables evaluadas en la quinua en la parcela control, quinua en monocultivo.

4. La productividad total o integral de las parcelas, determinado por la sumatoria de la biomasa de los indicadores de la quinua que se seleccionan + la biomasa total del cultivo interno + la biomasa total del cultivo externo, aunque presentaron diferencias entre tratamientos, siempre fueron mayores entre cuatro y cinco veces a la productividad total de las parcelas control, quinua en monocultivo.

5. Se probó en el tiempo y en condiciones reales, ambientales, sociales y económicas, este modelo agroecológico, en el cual la asociación de cultivos potencia los procesos naturales en el agroecosistema, contribuyendo a mejorar la productividad de la planta de la quinua como cultivo principal y a disminuir la incidencia de la enfermedad del mildeo, sin usar fertilizantes ni fungicidas e insecticidas, disminuyendo a su vez costos de producción y protegiendo el ambiente.

6. De la quinua por sus características se obtiene alta productividad, tanto de semillas como biomasa de todas las partes de la planta, las cuales pueden ser usadas para la alimentación directa de los humanos, de los animales domésticos, como abono verde y los subproductos para enriquecer los abonos orgánicos de los sistemas productivos.

## Reflexiones finales

La quinua asociada con otros cultivos hace un uso eficiente de los nutrientes del ecosistema, hay ocupación plena del suelo, es decir se hace un uso eficiente de la tierra y las interacciones que se establecen entre las especies se traducen en beneficios económicos para la finca y para la seguridad alimentaria de la familia.

Implementar sistemas agrobiodiversos como el que se propone en esta investigación, contribuye a iniciar un camino hacia la sostenibilidad a través de la aplicación de nuevas prácticas orientadas a lograr una transición del sistema convencional, a un sistema que no dependa de insumos externos, sino de los procesos naturales del agroecosistema.

Se muestra un modelo de producción que permite garantizar el mejoramiento de la economía y la seguridad alimentaria del territorio, en un contexto de cambio climático y de cambios en la economía de los pequeños productores, a raíz de las consecuencias que trajo el alza de los precios de los insumos a consecuencia de la guerra de Ucrania y del alza del precio del dólar y demás factores externos como el clima y los mercados. La mayor productividad de peso total de la quinua, se da en presencia de cebolla como cultivo interno, 2558 g. y de haba como cultivo externo y supera cinco veces esta variable en la parcela control quinua en monocultivo, 553 g.

Analizando la productividad total de los tratamientos, determinado por la sumatoria de la biomasa del indicador peso total de la quinua + la biomasa del cultivo interno + la biomasa del cultivo externo, se obtuvo la mayor biomasa total en los tratamientos 4 y 2. En el tratamiento 4 (quinua, papa y cebolla) se obtuvo un peso total de 3193 g. y en el tratamiento 2 (quinua, haba, cebolla), 3095 g.

En los demás tratamientos el resultado de la biomasa total siempre fue mayor al menos cuatro veces que la parcela testigo cuya biomasa total de la quinua fue de 553 g. Estos datos se registran en la Tabla 12.

## REFERENCIAS BIBLIORÁFICAS

- Alarcón Valera, D. V. (2018). Producción de quinua en Sudamérica periodo 2010-2016. Tesis de pregrado. Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Altieri, M. A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. *Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable*, 27-34.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. (2008). Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Agroecología*, 3, 7–24. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/95471>
- Altieri, M. Á., & Nicholls, C. I. (2007). Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas (Vol. 2). Barcelona: Icaria editorial.
- Alvarado Vega, C., Briceño Guevara, S., Matarrita Rodríguez, J., Masís Mora, M., Pérez Rojas, G., & WingChing Jones, R. (2022). Residuos de acaricidas en leche entera bovina de Costa Rica. *Revista de Investigación UNED*, 14 (1), e3787. <https://doi.org/10.22458/urj.v14i1.3787>
- Álvarez-Sánchez, D., Salazar-González, C., Sañudo-Sotelo, B., & Betancourth-García, C. (2021). Evaluación fenotípica de semillas de haba (*Vicia faba* L.) colectadas en Nariño-Colombia. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 24(2).
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., & Pinedo, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. Lima: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación e Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Astier, M. G. (2008). Evaluación de Sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. Valencia, España: Mundiprensa.
- Ayala Félix, Fernando Javier; (2013). “Desarrollo de estrategias de posicionamiento. Caso: Producto Quinua”. *Perspectivas*, Año 16 – N° 32 – octubre 2013. pp. 39-60. Universidad Católica Boliviana “San Pablo”, Unidad Académica Regional Cochabamba.

- Ayala, G. (2004). Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana. *Seminario, J. et al. (Edts). Raíces Andinas: Contribuciones al conocimiento ya la capacitación*, 101-112.
- Ballesteros, A. F., & Caldón Huila, A. Y. (2019). Evaluar de los principales instrumentos de caracterización empleados por parte de unas asociaciones de productores de aguacate (*Persea americana*) del municipio de El Tambo, a través del uso de técnicas estadísticas. Popayán: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
- Bañuelos Tavárez, O., Mendoza Martínez, G. D., Rodríguez Ontiveros, J. L., & Muñoz Orozco, A. (1995). Evaluación forrajera de 18 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Montecillo, México. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*, 12(1), 71-79.
- Barbero, Martín Jesús (1987) De los medios a las mediaciones Comunicación, cultura y hegemonía. Fondo de Cultura Económica. Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona
- Barco-Gamarra, María Teresa Del, Foladori, Guillermo, & Soto-Esquivel, Roberto. (2019). Insustentabilidad de la producción de quinua en Bolivia Estudios sociales. *Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 29(54), e19807.
- Basantes, E. R., Alconada, L. M. M., & Pantoja, J. L. (2022). Producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en monocultivo y en asociación con haba (*Vicia faba* L.) bajo las características físicas de un suelo andino del Ecuador. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(1), 596-613.
- Bazile D. et al. (Editores), 2014. "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 724 páginas
- Bazile, D., & Baudron, F. (2014). Dinámica de expansión mundial del cultivo de la quinua respecto a su alta biodiversidad. En FAO, & CIRAD, Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013.
- Berdugo Agudelo, J. F. (2014). Antología de la quinua en Boyacá y su papel en el desarrollo rural. Caso: Municipio de Tuta. Monografía de Grado. Tunja: UNAD.
- Bhargava, A., & Srivastava, S. (2013). Quinoa: Botany, production and uses. Oxford: CABI.

- Bhathal, S., Grover, K., & Gill, N. (2015). Quinoa a treasure trove of nutrients. *Nutrition Research Journal*, 3(1), 45-49.
- Box, G. E. P. and Pierce, D. A. (1970) "Distribution of Residual Autocorrelations in Autoregressive-Integrated Moving Average Time Series Models", *Journal of the American Statistical Association*, 65:1509–1526.
- Cadena Yanchapaxi, D. R. (2016). Efecto de la ingestión de *Chenopodium quinoa* sobre el rendimiento productivo en ovinos y producción de gas in vitro. Tesis de Posgrado. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Califano, L., Vargas, D., Golsberg, C., & Echazú, F. (2018). CAPITULO VII: Diálogo de saberes y aprendizajes en el proceso de recuperación del cultivo de quinua en la localidad de Rodero (Humahuaca, Jujuy). *Tecnología y Sociedad. Análisis de procesos de innovación y cambio tecnológico en diversos territorios rurales de Argentina*, 136-155.
- Cárdenas Córdova, R. G. (2017). Caracterización molecular de 129 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de la región puno mediante marcadores microsatélites. Tesis de pregrado. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Carranza Torres, C. R., & Sichez Nieto, S. L. (2018). Estudio de Pre- Factibilidad para la instalación de una empresa productora y exportadora de barras energéticas de Quinoa a Estados Unidos. Tesis de pregrado. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Carrillo Gualancañay, I. P. (2019). Evaluación para el aprovechamiento de las saponinas de los residuos de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) como inhibidoras de hongos fitopatógenos. Tesis de pregrado. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Casas Forero, N. (2016). Alternativa para la generación de calor agregado en los cultivos de Mango y Quinoa. Bogotá: Editorial Kimpres S.A.S.
- Castillo, R. (2006). Breve enfoque sobre los sistemas de producción de cultivos andinos: Ecuador. VII Curso Corto Sistemas de Producción: Investigación en Campos de Productores



(caso Maíz), 11.

- Celestino, Á., Chongo García, B., & Lannes González, M. (2020). Metodología para evaluación y reorientación de actividad ganadera con ineficiencia productiva. *Revista Avances*, 22(3), 357- 372.
- Cerezal Mezquita, P., Carrasco Verdejo, A., Pinto Tapia, K., Romero Palacios, N., & Arcos Zavala, R. (2007). Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años. Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *Interciencia*, 32(12).
- Ceroni, M., Liu, S., & Costanza, R. (2011). Papeles ecológico y económico de la biodiversidad en los agroecosistemas. En D. I. Jarvis, C. Padoch, & H. D. Cooper, *Manejo de la Biodiversidad en los Ecosistemas Agrícolas* (p.s. 475-503). Roma: Bioversity International.
- Chirinos Pajuelo, D. A. (2019). Evaluación de residuos del pesticida clorpirifos en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) por cromatografía gaseosa. Tesis de Pregrado. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Choi, Y.-J., Denchev, C. M., & Shin, H.-D. (2008). Morphological and molecular analyses Support the existence of host-specific Peronospora species infecting Chenopodium. *Mycopathologia*, 165, 155-164.
- Chura, E., Mujica, A., & Flores, A. L. (2014). Determinación del parentesco y distancias genéticas en variedades nativas y parientes silvestres de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) por métodos moleculares. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 16(2).
- Contexto Ganadero. (07 de diciembre de 2021). Precios de fertilizantes continúan al alza mientras productores protegen su mercado. *Contexto Ganadero*.
- Cortés Lozano, A. X., & Rubiano, Á. J. (2007). Caracterización de tres ecotipos de quinua "*Chenopodium quinoa* Willd." mediante técnicas agroecológicas, en dos zonas agroclimatológicamente diferentes del departamento de Cundinamarca. *Revista Inventum*, 2(2), 89-101.
- Cortés Nicolas, H. (2012). Ventajas y desventajas de los insecticidas químicos y naturales.

- Monografía. Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, México: Universidad Veracruzana.
- Danielsen, S., Bonifacio, A., Ames, T., (2003). Diseases of quinoa (*Chenopodium quinoa*). Food Reviews International, 19 (1–2), 43–59.
- Danielsen, S., Jacobsen, S.E., Echeagaray, J., Ames, T. (2001). Impact of downy mildew on the yield of quinoa. In: CIP program report 1999–2000. International Potato Center, Lima, Perú, pp. 397–401.
- Del Barco-Gamarra, M. T., Foladori, G., & Soto-Esquivel, R. (2019). Insustentabilidad de la producción de quinua en Bolivia. Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional, 29(54), 2-26.
- Delgado Castillo, A. (2013). Diarios de la Quinoa. Proyecto de grado. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.
- Delgado, A. I., Palacios, J. H., & Betancur, C. (2009). Evaluation of 16 genotypes of sweet quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the municipality of Iles, Nariño (Colombia). Agronomía Colombiana, 27(2), 159-167.
- Delgado, F., & Rist, S. (2016). Las ciencias desde la perspectiva del diálogo de saberes, la transdisciplinariedad y el diálogo intercientífico.
- Delgado, P., & Apaza, V. (2005). Manejo y mejoramiento de quinua orgánica. Manual. Puno, Perú.
- Díaz Monroy, L. G., & Morales Rivera, M. A. (2012). Análisis estadístico de datos multivariados. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Díaz, J. S. (2015). *Quínoa: oportunidad y desafío para la Agricultura Familiar Campesina en Chile*. (INIA, Ed.) Chile: . J. Kalazich B., Tierra Adentro" Quínoa un súper alimento para Chile y el Mundo".
- Díaz, Jorge, Seguel, Ivette y Morales, Arturo (Nov/Dic-2015) *Quinoa: oportunidad y desafío para la agricultura familiar campesina en Chile* [en línea]. Tierra Adentro. no. 108. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/5419> (Consultado: 12 noviembre 2022).

- Díaz, S. (2019). Quínoa del sur de Chile. Alternativa productiva y agroindustrial de alto valor. *Colección Libros INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*.
- Díaz-Bautista, M., Herrera-Cabrera, B. E., Ramírez-Juárez, J., Aliphat-Fernández, M., & Delgado-Alvarado, A. (2008). Conocimiento campesino en la selección de variedades de haba (*Vicia faba* L.) en la sierra norte de Puebla México. *Interciencia*, 33(8), 610-615.
- Díaz-Muñoz, Gustavo. (2020). Metodología del estudio piloto. *Revista chilena de radiología*, 26(3), 100- . <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082020000300100>
- Dueñas Quintero, D. M. (2014). Vigilancia competitiva de la quinua: potencialidad para el departamentode Boyacá. *Suma de Negocios*, 5(12), 85-95.
- Duque Mendieta, Á. M., Espinel Peña, J. A., & Herrán Castaño, M. C. (2016). Análisis de los factores productivos que no han permitido el aprovechamiento de la quinua en Colombia (2007-2013). Tesis de pregrado. Bogotá, Colombia: Universidad de La Salle.
- Durán Calisto, A. M. (2014). Las vidas sociales de los Bosques: pasado, presente y futuro del resurgimiento del bosque. (B. Hecht, K. D. Morrison, & C. Padoch, Edits.) *Estado & Comunes*, 2(5).
- Dussán-Sarria, S., Hurtado-Hurtado, D. L., & Camacho-Tamayo, J. H. (2019). Granulometría, propiedades funcionales y propiedades de color de las harinas de quinua y chontaduro. *Información tecnológica*, 30(5), 3-10.
- Estupiñán, L. L. (2015). Papas y tierras en Boyacá: investigación etnobotánica y etnohistórica de uno de los principales productos de la alimentación colombiana.
- Fagan, B. M., & Durrani, N. (2010). *People of the Earth: An Introduction to World Prehistory*. Prentice Hall/Pearson.
- Fairlie Reinoso, A. (2016). La quinua en el Perú: cadena exportadora y políticas de gestión ambiental. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Instituto de Ciencias de la Naturaleza, Territorioy Energías Renovables (INTE-PUCP). FAO. (2011). La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina Regional de la FAO para

- América Latina y el Caribe (FAO/RLC).
- FAO y CYRAD. (2014). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. (D. Bazile, D. Bertero, & C. Nieto, Edits.) Santiago de Chile y Montpellier.
- FAO. (2019). El apoyo de la FAO para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América del Sur – Panorama. Santiago de Chile: FAO.
- Feijoo, A., Zuñiga, M. C., Quintero, H., & Lavelle, P. (2007). Relaciones entre el uso de la tierra y las comunidades de lombrices en la Cuenca del Río La Vieja. *Pastos y Forrajes*, 30(2), 235-250.
- French, A., Macedo, M., Poulsen, J., Waterson, T., & Yu, A. (2008). Multivariate analysis of variance (MANOVA).
- Gallardo, M. A., & Vallejos, S. (1999). Indicadores de desarrollo sustentable. Aplicación de una metodología propuesta por la Organización de las Naciones Unidas. *Salud Pública de México*, 41(2), S155- S156.
- Gandarillas Santa Cruz, H. (1976). Genética y origen de la quinua (*Chenopodium quinoa*). *Boletín Genético Argentina*(9), 3-14.
- García Parra, M. Á., & Plazas Leguizamón, N. Z. (2018). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en lossistemas de producción agraria. *Producción+ Limpia*,. *Revista Producción más limpia*, 13(1), 112-119.
- García Vivas, Y. (2013). Contenido y distribución de nutrimentos en diferentes etapas de desarrollo del cultivo de caléndula *Calendula officinalis* L. Tesis de Maestría. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- García Zanabria, R. O., Dávalos Merino, G. E., & Ríos Rivera, A. C. (2021). Uso de paja de quinua como alimento suplementario de ganado de leche. *Polo del Conocimiento*, 6(3), 1363-1375.
- García-Parra, M. Á., & Plazas-Leguizamón, N. Z. (2018). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en lossistemas de producción agraria *Producción+ Limpia*, 13(1), 112-119.
- Gliessman, S. R., Guadarrama-Zugasti, C., Méndez, E., Trujillo, L., Bacon, C., & Cohen, R.

- (2006). ¿Qué es la agroecología? En *Agroecología: un enfoque sustentable de la agricultura ecológica*.
- Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V. E., & Jaffe, R. (2007). *Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. Ecosistemas*, 16(1).
- Gobernación de Boyacá (2021). *La papa nativa en Boyacá: un esfuerzo de cohesión desde la cadena productiva*.
- Gómez Pando, L., & Aguilar Castellanos, E. (2016). *Guía de cultivo de la quinua*. Lima: FAO y Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Gómez Rodríguez, O., & Zavaleta Mejía, E. (2001). La asociación de cultivos una estrategia más para el manejo de enfermedades, en particular con *Tagetes spp.* *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19(1), 94-99.
- Gómez, L. F., Ríos Osorio, L. A., & Eschenhagen Durán, M. L. (2015). El concepto de sostenibilidad en agroecología. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 18(2), 329–337. <https://doi.org/10.31910/rudca.v18.n2.2015.157>
- González de Molina, M. (2018). *Reforma Agraria y Agroecología: las enseñanzas de la historia. In comunicación presentada al II Congreso Internacional, XVI SEHA i VII RuralReport: Transiciones en la agricultura y la sociedad rural, Universidad de Santiago de Compostela*.
- González, J. A., & Prado, F. E. (2013). Quinoa: Aspectos biológicos, propiedades nutricionales y otras consideraciones para su mejor aprovechamiento. *Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales*, 3(5), 5-15.
- González-Zamora, J. E., Ribes, A., Meseguer, A., & García-Marí, A. (1994). Control de trips en fresón: empleo de plantas de haba como refugio de poblaciones de antocóridos. *Boletín de Sanidad Vegetal*, 20(1), 57-72.
- Grainge, M., & Ahmed, S. (1988). *Handbook of Plants With Pest-Control Properties*. John Wiley & Sons Limited.

- Griffon, D. (2008). Estimación de la agrobiodiversidad en agroecología. *Agroecología* 3, 25-32.
- Guerrero López, A. (2018). Impacto del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) como alternativa productiva y socioeconómica en la comunidad indígena Yanacona de La Vega, Cauca, Colombia. Tesis Doctoral. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Guevara, R., Alzate, G., Devaux, A., Valero, D., & Pérez, O. (2014). Papas nativas colombianas como apoyo a la seguridad y soberanía alimentaria en zonas vulnerables de Boyaca, Colombia.
- Gutiérrez Cedillo, J. G., Aguilera Gómez, L. I., & González Esquivel, C. E. (2008). Agroecología y sustentabilidad. *Convergencia*, 15(46), 51-87.
- Guzmán, E. S. (2004). La agroecología como estrategia metodológica de transformación social. *España: Instituto de Sociología y Estudios Campesinos de la Universidad de Córdoba*.
- Herrador-Valencia, D., & Paredes, M. (2016). Cambio climático y agricultura de pequeña escala en los Andes ecuatorianos: un estudio sobre percepciones locales y estrategias de adaptación. *Journal of Latin American Geography*, 101-121.
- Huanca, Dani E. Vargas, Boada, Marti, Araca, Lenny, Vargas, Wilber, & Vargas, Roger. (2015). Agricultural biodiversity and economy quinoa (*Chenopodium quinoa*) in Aymara communities of the Titicaca watershed. *Idesia (Arica)* 33(4), 81-87.
- IICA. (2015). El mercado y la producción de quinua en el Perú. Lima: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Indexmundi. (2022). Urea Precio Mensual - Peso Colombiano por tonelada. Obtenido de <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=urea&meses=12&moneda=cop>
- Jager, M. (2015). El cultivo de la Quinua en Colombia y sus perspectivas futuras. Memorias del taller, 26 y 27 de agosto 2015, Cali, Colombia.
- Jiménez Velandia, J. J., & Junco Vargas, N. C. (2018). Elaboración de una propuesta de producción sustentable de Quinua en los municipios de Tenjo y Carmen de Carupa del

- departamento de Cundinamarca. Tesis de pregrado. Bogotá, Colombia: Universidad El Bosque.
- León-Sicard, T. E. (2009). Agroecología: Desafíos de una ciencia ambiental en construcción. *Revista de Agroecología: Universidad de Murcia*, 4, 7-17.
- León-Sicard, T. E. (2021). La estructura agroecológica principal de los agroecosistemas: perspectivas teórico-prácticas / Tomás Enrique León Sicard. -- Primera edición. -- Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA)
- Lizano, R. (2020) La soberanía alimentaria ¿Una alternativa ante el acelerado cambio climático? In: Esteban, d., Artacker, t., and Lizano, r., coord. Cambio climático, biodiversidad y sistemas agroalimentarios: avances y retos a 10 años de la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria en Ecuador [online]. Quito: Editorial Abya-Yala, pp. 219-231. ISBN: 978-9978-10-466-8. <http://doi.org/10.7476/9789978105689.0013>.
- Lombana, J., Yasser, A., Correa, C., & Rodríguez, M. C. (2018). Benchmarking y análisis de competitividad de las cadenas productivas de quinua en Colombia, Perú y Bolivia. *FACE: Revistade la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, 17(2), 157- 163.
- Lozano-Povis, Arlitt, Alvarez-Montalván, Carlos E., & Moggiano, Nabil. (2021). El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 101-108. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.012>
- Maguiña, H. A. R., Calderón, L. L. M., & Mendoza, A. R. (2020, Diciembre). Severidad de *Peronospora variabilis* Gäum. en cinco variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. en condiciones de La Molina. In *Anales Científicos* (Vol. 81, No. 2, pp. 395-404).
- Mamani Maydana, L. (2003). Evaluación de campo de la tolerancia al mildiu (*Peronospora farinosa* Fr) en material seleccionado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). (Universidad Mayor de San Andrés, Ed.).
- Martínez Camelo, F. E. (2015). Conservación de agrobiodiversidad andina: el caso de las papas nativas en Colombia.

- Maughan, P. J. (2007). Assessment of genetic diversity in the USDA and CIP-FAO international nursery collections of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using microsatellite markers. *Plant Genetic Resources*, 5(2), 82-95.
- Méndez, V. E., Caswill, M., Gliessman, S. R., Cohen, R., & Putnam, H. (2018). Agroecología e Investigación-Acción Participativa (IAP): Principios y Lecciones de Centroamérica. *Agroecología*, 13(1), 81-98.
- Microcuenca del Rio Cormechoque (Boyacá). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), 49-62. doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.2134>
- Ministerio de Agricultura. (2016). El 83.5% de los alimentos que consumen los colombianos son producidos por nuestros campesinos. <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/El-83-de-los-alimentos-que-consumen-los-colombianos-son-producidos-por-nuestros-campesinos.aspx#:~:text=Seg%C3%BAn%20c%C3%A1lculos%20del%20Ministerio%20de,%C3%ADndice%20de%20autosuficiencia%20alimentaria%20positivo.>
- Momo, F. R., Falco, L. B., & Craig, E. B. (2003). Las lombrices de tierra como indicadores del deterioro del suelo. *Revista de Ciencia y Tecnología* (8), 55-63.
- Mónaco, C. (2014). Principios de manejo ecológico de enfermedades de cultivos. En S. J. Sarandón, & C. C. Flores, *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables* (págs. 314-341). La Plata: Universidad Nacional de La Plata.
- Montes-Rojas, C., Burbano-Catuche, G. A., Muñoz-Certuche, E. F., & Calderón-Yonda, Y. (2018). Descripción del ciclo fenológico de cuatro ecotipos de (*Chenopodium quinoa* Willd.), en Puracé- cauca, Colombia. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(2), 26-37.
- Montoya Restrepo, L. A., Martínez Vianchá, L., & Peralta Ballesteros, J. (2005). Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia. *Innovar*, 15(25), 103-119.
- Mora Delgado, j., Ibrahim, M., & Bianney Bermúdez, M. (2011). Tipificación de hogares



- campesinos con base en indicadores de medio de vida en la zona cafetera de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. En Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería (págs. 1-28). Costa Rica: Turrialba.
- Moreno Ortega, A. (2019). Análisis del perfil de metabolitos primarios y secundarios mediante UHPLC-HRMS de la Cebolla Negra. Córdoba, Argentina.
- Moreno, J. D., Cerón, M. S., & Valbuena, R. I. (2016). Caracterización morfológica de germoplasma de papa nativa de Colombia. CORPOICA, 1-17.
- Moreno, L. L. V., & González, E. F. (2007). Manejo agroecológico de plagas y enfermedades en la agricultura urbana. Estudio de caso ciudad de La Habana, Cuba. *Agroecología*, 2, 21-31.
- Morillo A. C., Manjarres E H, González A.L, & Morillo, Y. (2021) *Una mirada al cultivo de la quinua en el departamento de Boyacá*. Editorial de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-UPTC.
- Morillo Coronado, A. C., Manjarrés Hernández, e. h., & Morillo Coronado, y. A. C. E. N. I. A. (2020). Evaluación morfoagronómica de 19 materiales de *Chenopodium quinoa* en el Departamento de Boyacá. *Bioteología en el Sector Agropecuario Agroindustrial*, 18(1), 84-96.
- Moyano-Cires Ivanoff, P. V. (2016). Efectos neurotóxicos del clorpirifos sobre el sistema colinérgico e implicaciones legales del uso del perfil toxicogenómico como biomarcador de toxicidad.
- Mujica, Á. (2015). El origen de la quinua y la historia de su domesticación. *Tierra Adentro* (108), 14-17.
- Mujica, Á., & Canahua, A. (1989). Fases Fenológicas del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Curso Taller. Fenología de Cultivos Andinos y Uso de la Información Agrometeorológica., Puno. (p. 23-27).
- Mujica, Á., & Jacobsen, S.-E. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes

- silvestres. Botánica económica de los Andes Centrales, 449-457.
- Mujica, Á., Suquilandia, M., Chura, E., Ruíz, E., León, A., Cutipa, S., & Ponce, C. (2013). Producción orgánica de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Sociedad Peruana para el Fomento y Competitividad de la Innovación Agraria, 56-61.
- Mulabagal, V., Lee, C. Y., Lo, S. F., Manihar Nalawade, S., Yih Lin, C., & Tsay, H. S. (2004).
- Nicholls, C. I., Altieri, M. A., & Vázquez, L. (2017). Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología*, 10(1), 61–72. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300741>
- Nicholls, C., & Altieri, M. (2002). Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (65), 50-64.
- Nieto, C. (2013). La significación de los cultivos andinos para la seguridad alimentaria de los pueblos andinos y del mundo: Un análisis en el escenario socio-ambiental actual. *Memorias del IV Congreso Mundial de la Quinoa*. Quito.
- Oliver, J. C. (2017). Producción de biomasa de Haba (*Vicia faba* L.) para abono verde bajo tres densidades de plantación en el Centro Experimental Cota Cota: Jonhy Cesar Oliver Cortez. *Apthapi*, 3(1), 39-49.
- Olivera Sánchez, C., & Avellaneda Torres, L. M. (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas Rurales. Bogotá: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Orsag, V., León, L., Pacosaca, O., & Castro R, E. (2013). Evaluación de la fertilidad de los suelos para producción sostenible de quinua. *Tinkazos*, 16(33), 89-112.
- Ortíz Tinta, F. V. (2018). Revalorización de los saberes ancestrales agrícolas de las familias del caserío Yanahurco (Bachelor's thesis) Ecuador.
- Pacheco Sanguino, Á. P. (2018). Comparación de métodos y tecnologías del proceso productivo de quinua del pueblo indígena Misak con otro cultivo de la región cundiboyacense haciendo énfasis en la minimización del consumo de agua para la conservación del servicio

ecosistémico de aprovisionamiento.

Padron Pereira, C. A., Oropeza González, R., & Montes Hernández, A. (2014). Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5(2), 166-218.

Paredes Prado, G. M. (2021). La quinua orgánica: análisis de los canales de distribución y la promoción de exportaciones en Acocro–Ayacucho.

Peñaranda Baspineiro, W. O. (2007). Cultivo asociado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con haba (*Vicia faba* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) a dos intercalaciones de surco en la localidad de Santiago de Huata Provincia Omasuyos, La Paz. Tesis de pregrado. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.

Perea, Leyson Jimmy. (2018). El agroecosistema: ¿objeto de estudio de la agroecología o de la agronomía ecologizada? Anotaciones para una tensión epistémica. *INTERdisciplina*. 6. 89. 10.22201/ceiich.24485705e.2018.14.63382.

Pérez López, D. J., González Huerta, A., Franco Mora, O., Rubí Arriaga, M., Ramírez Dávila, J. F., Castañeda Vildózola, Á., & Aquino Martínez, J. G. (2014). Aplicación de métodos multivariados para identificar cultivares sobresalientes de haba para el Estado de México, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(2).

Pérez Navarro, M. O. (2008). Evaluación de la producción de metabolitos anticancerígenos a partir de células en suspensión de *Calendula Officinalis* L. Tesis de Maestría. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Pinedo Taco, R. E., Gómez Pando, L. R., & Julca Otidiano, A. M. (2020). Sostenibilidad ambiental de la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los valles interandinos del Perú. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1-17.

Pinedo Taco, R. E., Gómez Pando, L. R., & Julca Otiniano, A. (2018). Indicadores de sostenibilidad de sistemas de producción de quinua en Chiara, Ayacucho. *Aporte*

- Santiaguino, 10(2), 163-197.
- Pinedo-Taco, R. E., Gómez-Pando, L., & Julca-Otiniano, A. (2018). Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Ecosistemas y recursos agropecuarios, 5(15), 399-409.
- Pita Moreno, Y. X., Botía Rodríguez, B. Y., & Fonseca Carreño, J. A. (2018). Caracterización y Tipificación de los Atributos Ecosistémicos de la Agricultura Familiar Campesina en la Prager Mósquera, M., Sanclemente Reyes, O. E., Sánchez de Prager, M., Gallego, J. M., & Ángel Sánchez, D. I. (2012). Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. Revista de Agroecología: Universidad de Murcia, 7(1).
- Pulgar Vidal, J. (1954). La quinua o suba en Colombia. Bogotá: Ministerio de Agricultura, Fichero Científico Agropecuario.
- Pulido Suárez, N. J., Escobar, M. I., & Rodríguez Molano, C. E. (2019). Valor nutricional del ensilaje deforraje de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con adición de microorganismos eficientes. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 14(3), 16-28. doi:<http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.14.3.2>
- Quelal Vásconez, M. A. (2009). Análisis de la cadena agroproductiva de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en las provincias de Chimborazo e Imbabura. Tesis de pregrado. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Quiroga Ledezma, C., & Escalera Vásquez, R. (2011). Evaluación de la calidad nutricional y morfología del grano de variedades amargas de quinua beneficiadas en seco, mediante el novedoso empleo de un reactor de lecho fluidizado de tipo surtidor. Revista investigación & Desarrollo, 1(10), 49-62.
- Ramírez, C. V., Romero Guerrero, G., & Gómez Piedras, J. J. (2016). Respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la sabana de Bogotá Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 19(2), 325-332.

- Ramírez, H., Mattos, L., & Risco, A. (2020). Severidad de *Peronospora variabilis* Gäum. en cinco variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. en condiciones de La Molina. *Anales Científicos*, 81(2), 395-404. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v81i2.1684> Autor de correspondencia.
- Recalde, J. (2007). Quinoa: posibilidades de su cultivo en las huertas familiares patagónicas. *Boletín de Agricultura*, 11, 41-44.
- Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción (RIMISP). (1990). Tipificación de sistemas de producción agrícola. (G. Escobar, & J. Berdegué, Edits.) Santiago de Chile.
- Redagres y Cytel. (2013). Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas. (C. I. Nicholls Estrada, L. A. Ríos Osorio, & M. Á. Altieri, Edits.) *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático*, 94-104.
- Rencher, A. C., & Christensen, W. F. (2012). Multivariate regression. In *Methods of Multivariate Analysis* (p. 339-383). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Reyes Montaña, E. A., Ávila Torres, D. P., & Guevara Pulido, J. O. (2006). Componente nutricional de diferentes variedades de quinua de la región andina. *Avances: Investigación en Ingeniería*, 5, 86-97.
- Risco M, A., & Mattos C, L. (2015). Severidad de *Peronospora variabilis* GÄUM. En *Chenopodium quinoa* Willd. 'Pasankalla' como respuesta a aplicaciones de fungicidas sintéticos y bioestimulantes. *Anales Científicos*, 76(2), 382-392.
- Rojas, W., Pinto, M., Alanoca, C., Gómez Pando, L., León-Lobos, P., Alercia, A. Bazile, D. (2014). Estado de la conservación ex situ de los recursos genéticos de quinua. En F. y CIRAD, *Estado del arte de la quinua en el mundo 2013* (p. 65-94). Santiago de Chile y Montpellier.
- Rojas, W., Vargas Mena, A., & Pinto Porcel, M. (2016). La diversidad genética de la quinua: potenciales usos en el mejoramiento y agroindustria. *Revista de Investigación e Innovación*

- Agropecuaria y de Recursos Naturales, 3(2), 114-124.
- Romo, S., Rosero, A., Forero, C., & Céron, E. (2006). Potencial Nutricional de harinas de Quinoa (*Chenopodium quinoa* W) variedad Piartal en los Andes Colombianos primera parte. *Biología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 4(1), 112-125.
- Rosero Santamaría, A. B. (2017). Diseño de una guía de buenas prácticas ambientales para el cultivo de quinoa en la Asociación Agrícola Plaza Pallares, comunidad de Ugsha (Provincia de Imbabura). Tesis de pregrado. Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- RStudio Team. (2015). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>
- Ruffino, A. M. (2008). Evolución de metabolitos primarios y pigmentos fotosintéticos durante la ontogenia de cotiledones de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) sometidos a estrés salino.
- Ruiz-Rosado, O. (2006). Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia*, 31(2), 140-145.
- Sansalvadó Tribó, M. (2006). La Innovación y la Internacionalización de la pyme catalana. X Congreso de Ingeniería de la Organización (p. 1-10). Barcelona: Universitat Politècnica de
- Sarandón, S. (2002). El agroecosistema: un sistema natural modificado. En *Agroecología: El camino para una agricultura sostenible* (p. 100-130). La Plata, Argentina: Ediciones Científicas Americanas.
- Sarandón, S., & Flores, C. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad de la Plata.
- Sarandón, S. J. . (2021). Agroecología: una revolución del pensamiento en las ciencias agrarias. *Ciencia, tecnología Y política*, 4(6), 055. <https://doi.org/10.24215/26183188e055>.
- Scalise, J. (2015). Caracterización y diagnóstico de la cadena de valor de la quinoa en Argentina. *Tendencias, diagnósticos y prospecciones. Unidad para el Cambio rural (UCAR)–Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina*.
- Sevilla Guzmán E., & Woodgate, G. (2013). *Agroecología: Fundamentos del pensamiento social*

- agrario y teoría sociológica. *Agroecología*, 8(2), 27–34. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/212161>
- Sevilla-Guzmán, E. (2014). La Agroecología como estrategia metodológica de transformación social. Instituto de Sociología y Estudios Campesinos de la Universidad de Córdoba, España.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591-611.
- Sole, R. V., & Manrubia, S. C. (1996). Orden y Caos en Sistemas Complejos. Barcelona: Politex.
- Studies on the production of some important secondary metabolites from medicinal plants by plant tissue cultures. *Botanical Bulletin Academia Sinica*, 45(1), 1-22.
- Stupino, S. A., Ferreira, A. C., Frangi, J., & Sarandón, S. (2007). Agrobiodiversidad vegetal en sistemas hortícolas orgánicos y convencionales. *Revista Brasileira de Agroecología*, 2(1), 339-342.
- Tamayo Medina, F. A. (2017). Clasificación de productores de quinua de la Región Junín usando técnicas de análisis multivariado.
- Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A., & Mujica, A. (1979). La quinua y la kañiwa: cultivos andinos. Bogotá: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- Tapia, M.E (2014). El largo camino de la quinua. Quienes escribieron su historia. . IN: BAZILE D. et al. (Editores), "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 3
- Tello, J. (2011). Agricultura Familiar Agroecológica Campesina en la comunidad Andina. Secretaría General de la Comunidad Andina, Lima.
- Thines, M., & Choi, Y. J. (2016). Evolution, diversity, and taxonomy of the Peronosporaceae, with focus on the genus *Peronospora*. *Phytopathology*, 106(1), 6-18.
- Toledo, V. M. (2011). La agroecología en Latinoamérica: tres revoluciones, una misma transformación. *Agroecología*, 6, 37-46.

Torres, J., Vargas, H., Corredor, G., & Reyes, L. M. (2000). Caracterización morfo agronómica de diecinueve cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 17(1-3), 61-68.

Valerio Cabrera, D., García Martínez, A., Acero de la Cruz, R., Castaldo, A., Perea, J. M., & Martos Peinado, J. (2004). Metodología para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos. (U. de Córdoba, Ed.) *Documentos de Trabajo Producción Animal y Gestión*, 1(1), 1-9.

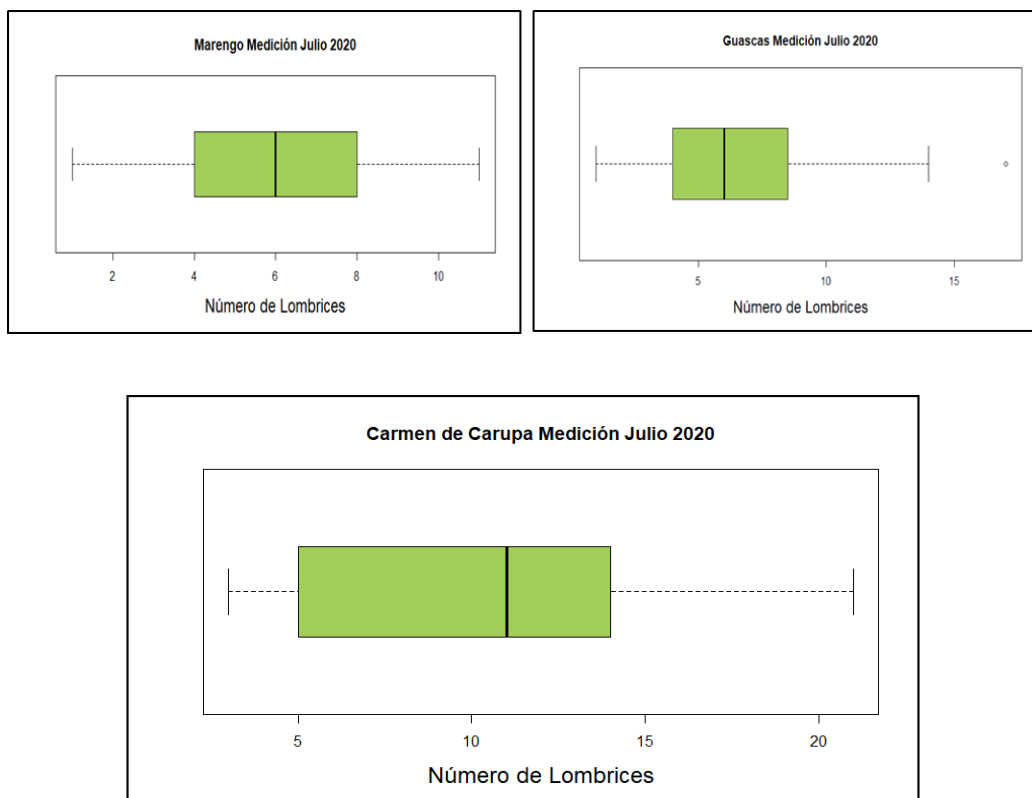
Vargas Zambrano, P., Arteaga Solórzano, R., & Cruz Viera, L. (2019). Análisis bibliográfico sobre el potencial nutricional de la quinua (*Chenopodium quinoa*) como alimento funcional. *Centro Azúcar*, 46(4), 89-100.



## Anexos

Indicadores de la Dimensión Ambiental			ESCALA 1- 5				
Indicador	Unidad de medida	Denominación	1	2	3	4	5
1. Riqueza especies leñosas	No. especies ha <sup>1</sup>	RL					
2. Diversidad florística leñosas	Índice Shannon	DL					
3. Riqueza especies arvenses	No. especies m <sup>2</sup>	RA					
4. Macroinvertebrados	No. especies m <sup>2</sup>	RM					
5. Diversidad macrofauna	Índice Shannon	DS					
6. Uso de agroquímicos	kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	UA					
Dependencia de insumos							
1. Prácticas de conservación	No. Prácticas	PS					
2. Sanidad del cultivo Plagas Nivel de daño	%	SCP					
3. Sanidad cultivo enfermedades	%	SCE					
4. Profundidad horizonte A	Cm	PA					
5. Cobertura de arvenses	%	CA					
Indicadores de la dimensión económica preseleccionadas			ESCALA 1- 5				
Indicador	Unidad medida	Denominación	1	2	3	4	5
Producción quinua	@ c.p.s ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	PQ					
Calificación calidad quinua	Valor	CQ					
Margen bruto	(\$)ha <sup>-1</sup>	MB					
Relación (B/C)	Valor	BC					
Costo de Insumos							
Fungicidas , Insecticidas-							
Costo producción diferentes a insumos	(\$)ha <sup>-1</sup>	CP					
Ingresos	(\$)ha <sup>-1</sup>	IN					
Factor rendimiento	%	FR					
Costos fertilizantes	(\$)ha <sup>-1</sup>	CF					
Relación panoja /semillac.p.s	Valor	RC					
Variables de la dimensión social			ESCALA 1- 5				
Indicador	Determinación	Denominación	1	2	3	4	5
1. Autosuficiencia Alimentaria alimentos producidos sistema	Categorías	AP					
2. Grado de Escolaridad	Categorías	DI					
3. Participación organizaciones e integración familiar	Categorías	PR					
4. Capacidad administrativa	Categorías	CD					
5. Satisfacción necesidades básicas	Categorías	SN					
6. Autoestima caficultor	Categorías	AC					
7. Impacto del cultivo en la comunidad	Categorías	IC					
8. Valoración del manejo de la Finca	Categorías	GE					
9. Medio transporte	Categorías	MT					
10. Utilización de insumos externos	Categorías	AF					
1. Valoración de la autosuficiencia alimentaria			ESCALA 1- 5				
Característica	Valoración	Calificación	1	2	3	4	5
Cantidad alimentos producidos en el sistema (para consumo familiar o venta)	>8.0	5					
	6.0 –8.0	4					
	4.0 –6.0	3					
	2.0 –4.0	2					
	< 2.0	1					

<b>2. Valoración del grado de escolaridad</b>			ESCALA 1- 5				
Característica	Nivel escolaridad	Calificación	1	2	3	4	5
Nivel educativo bajo	Primaria	1					
Nivel educativo medio	Secundaria	2					
Nivel educativo medio	Técnico	3					
Nivel educativo superior	Universitario	4					
Nivel educativo muy superior	Otro	5					
<b>3. Valoración de la Participación en organizaciones e integración familiar</b>			ESCALA 1- 5				
Característica	Valoración	Calificación	1	2	3	4	5
Todos participan	Muy alta	1					
Padres, alguno de los hijos	Alta	2					
Padre y/o madre y alguno de los hijos	Moderada	3					
Solo uno participa	Baja	4					
Ninguno participa	Muy baja	5					
<b>4. Valoración del manejo de las fincas</b>			ESCALA 1- 5				
Característica	Valoración	Calificación	1	2	3	4	5
Mayordomo	Muy alta	1	1	2	3	4	5
Propietario - mayordomo	Alta	2					
Hijos	Moderada	3					
Propietario	Baja	4					
Propietario – hijos	Muy baja	5					
<b>5. Satisfacción necesidades básicas (SN).</b>			ESCALA 1- 5				
Característica	Valoración	Calificación	1	2	3	4	5
Todas las necesidades básicas satisfechas	76.0 – 100.0	1					
Alta satisfacción de las necesidades básicas	51.0 – 75.0	2					
Moderada satisfacción necesidades básicas	26.0 – 50.0	3					
Baja satisfacción de las necesidades básicas	1.0 – 25.0	4					
Ninguna necesidad básica satisfecha	0.0	5					
<b>6. Valoración de la autoestima de los productores de Quinua</b>			ESCALA 1- 5				
Característica	Valoración	Calificación	1	2	3	4	5
Generación de expectativas positivas	Muy alta	1					
Cordiales relaciones con otros agricultores	Alta	2					
Anulación en presencia otros agricultores	Moderada	3					
Siempre encuentra obstáculos	Baja	4					
Pesimismo (defensivo u ofensivo)	Muy baja	5					
<b>7. Valoración del impacto de los sistemas de producción de Quinua en la comunidad</b>			ESCALA 1- 5				
Característica	Valoración	Calificación	1	2	3	4	5
Muy alto impacto de las prácticas la región	Muy alta						
Alto impacto de las prácticas en la región	Alta						
Moderado impacto de las prácticas la región	Moderada						
Bajo impacto de las prácticas en la región	Baja						
Ningún impacto de las prácticas en la región	Muy baja						
<b>8. Valoración del manejo de las fincas de Quinua municipio .</b>			ESCALA 1- 5				
Característica	Valoración	Calificación	1	2	3	4	5
Manejo finca	Muy alta						
Mayordomo	Alta						
Propietario - mayordomo	Moderada						
Hijos	Baja						
Propietario	Muy baja						
Propietario – hijos							
<b>9. Valoración del medio de Medio de Transporte</b>			ESCALA 1- 5				
Medio de Transporte	Valoración	Calificación	1	2	3	4	5
Público	Muy alta	1					
Caballo	Alta	2					
Bicicleta (propio)	Moderada	3					
Motocicleta (propio)	Baja	4					
Carro (propio)	Muy baja	5					
<b>10. Valoración de costo uso de insumos externos</b>			ESCALA 1- 5				
Característica	Valoración	Calificación	1	2	3	4	5
1	Muy alta	1					
2	Alta	2					
3	Moderada	3					
4	Baja	4					
5	Muy baja	5					



Esta figura, muestra que, el promedio de lombrices encontradas en un área de 25 cm x 25 cm x 25 cm en el cultivo de Marengo fue de 6 con una distribucionalidad simétrica, donde la presencia de lombrices no excede los 11 individuos. Para el caso del cultivo de Guasca se encuentra que en el 75% de las mediciones se cuentan máximo 9 lombrices, y se obtienen un máximo de 17 lombrices. Por último, en el cultivo de Carmen de Carupa se encuentran en promedio 11 lombrices y se observa una distribución simétrica, salvo la presencia de un máximo de 21 lombrices en una de las mediciones.

Un resultado adicional que se obtuvo en esta investigación es la cantidad de lombrices en los cultivos en las unidades productivas. Esta variable da cuenta de la calidad del suelo donde se establecieron los cultivos.