AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Documento Técnico

Desarrollo de nuevas recomendaciones tecnológicas para contribuir con la competitividad y sostenibilidad del sector quinuero del departamento del Cauca

IP Luis Fernando Chávez Oliveros, Ph.D.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

CONTENIDO

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 5
1.1 Título del proyecto 5
1.2 Resumen Ejecutivo del Proyecto 5
1.3 Duración del Proyecto 5
1.4 Investigadores 5
1.4.1 Investigador Principal: 5
1.4.2 Coinvestigadores: 5
1.5 Red de innovación de Agrosavia 6
1.6 Sector de Inversión 6
1.7 Tipología del proyecto 6
2. CONTRIBUCIÓN DEL PROYECTO A LA POLÍTICA PÚBLICA (NACIONAL, DEPARTAMENTAL Y MUNICIPAL) 6
2.1 Plan Nacional de Desarrollo 7
2.2 Plan de Desarrollo Departamental 7
2.3 Planes de Desarrollo Municipales 8
3. LOCALIZACIÓN 9
4. ANTECEDENTES DEL PROYECTO 10
4.1 Antecedentes de Investigaciones a Nivel Mundial 12
4.1.1 Aspectos Generales del Cultivo 12
4.1.2 Mejoramiento genético de la Quinua en Colombia 15
4.1.3 Manejo agronómico del cultivo 16
4.1.4 Limitaciones fitosanitarias del cultivo de la Quinua 20
4.1.5 Poscosecha 22
5. PROBLEMÁTICA 23
5.1 Problema Central 23
5.2 Descripción del Problema 23
5.3 Árbol de Problemas 26
5.4 Magnitud actual del problema 27
6. JUSTIFICACIÓN 29
6.1 Justificación para la Formación de Capital Humano 32

7. INCERTIDUMBRE CIENTÍFICA A RESOLVER 33
7.1 Pregunta de Investigación 33
7.2 Hipótesis 33
8. IDENTIFICACIÓN DE LA DEMANDA 33
9. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE PARTICIPANTES 34
9.1 Identificación de los participantes 34
9.2 Análisis de los participantes 36
10. POBLACIÓN 38
10.1 Población Afectada por el Problema 38
10.2 Población objetivo de intervención 39
10.3 Características demográficas de la población objetivo 41
11. OBJETIVOS DEL PROYECTO 42
11.1 Objetivo general 42
11.1.1 Indicadores para medir el objetivo general 42
11.2 Árbol de objetivos 45
11.3 Objetivos específicos 46
12. ESTRUCTURA DE CADENA DE VALOR DEL PROYECTO 46
13. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 52
13.1 Descripción de la alternativa seleccionada 54
14. METODOLOGÍA 56
14.1 PRODUCTO 1. Germoplasma mejorado que contribuya a la formación de variedades e híbridos de quinua en el Departamento del Cauca (PRODUCTO MGA-WEB. ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN). 56
14.1.1 Actividad 1. Establecimiento de genotipos de quinua en campo 56
14.1.2 Actividad 2. Caracterización y generación de líneas promisorias de Quinua por el método de Selección Panoja-surco y Caracterización morfoagronómica 56
14.1.3 Actividad 3. Evaluación de líneas promisorias en cuatro localidades 59
14.2 PRODUCTO 2. Recomendaciones de prácticas agronómicas sostenibles para el manejo del cultivo de la quinua. (PRODUCTO MGA-WEB. DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN). 62
14.2.1 Actividad 4. Estudiar los requerimientos nutricionales, utilización de coberturas vegetales y mitigación de gases de efecto invernadero GEI 62
14.2.2 Actividad 5. Validación de los requerimientos nutricionales y densidades de siembra del cultivo de quinua 70
14.2.3 Actividad 6. Determinar requerimiento hídrico del cultivo 70
14.2.4 Actividad 7. Caracterizar y manejar los problemas entomológicos 73
14.2.5 Actividad 8. Caracterizar los problemas de enfermedades del cultivo 74

14.3 PRODUCTO 3. Tecnologías de poscosecha validadas para los productores de quinua. (PRODUCTO MGA-WEB. DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN) 76

14.3.1 Actividad 9. Efectuar la caracterización tecnológica de labores de poscosecha en quinua 76

14.3.2 Actividad 10. Ajustar y validar alternativas tecnológicas para los procesos de poscosecha 78

PRODUCTO 4. Plan de investigación participativa implementado para los productores de quinua en el departamento del Cauca. (PRODUCTO MGA-WEB: DOCUMENTOS DE PLANEACIÓN). 85

14.4.1 ACTIVIDAD 11. Determinar las características de los sistemas de producción de quinua y evaluación económica ex-ante de las tecnologías desarrolladas en el proyecto 85

14.4.2 Actividad 12. Estrategia de investigación participativa, vinculación, capacitación y socialización de resultados 88

14.5.1 Actividad 13. Ejecutar los gastos de administración para el acompañamiento de todas las actividades del proyecto. 101

14.5.2 Actividad 14. Interventoría para el acompañamiento de todas las actividades del proyecto. 101

15. CRONOGRAMA 102

16. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS 105

17. SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO 112

19. ANEXOS 116

20. BIBLIOGRAFÍA 120

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Planes de Desarrollo, ejes estratégicos y programas de desarrollo municipales 8
Tabla 2. Principales lepidópteros asociados al cultivo de la quinua en regiones Andinas. 21
Tabla 3. Dinámica productiva de Quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en Colombia. Elaboración R. Tarazona. Fuente: Agronet - Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA (2007-2018). 29
Tabla 4. Priorización de demandas de investigación para la cadena de la quinua y consignadas en el PECTIA. 34
Tabla 5. Alineamiento de los objetivos de investigación con las demandas de la cadena 34
Tabla 6. Identificación de participantes del proyecto 35
Tabla 7. Población afectada por el problema 39
Tabla 8. Población objetivo de intervención 39
Tabla 9. Características demográficas de la población objetivo 41
Tabla 10. Indicadores para medir el cumplimiento del objetivo general 42
Tabla 11.Indicadores para medir el cumplimiento de los objetivos específicos 43
Tabla 12. Estructura de la cadena de valor del proyecto 47
Tabla 13. Alternativas de soluciones planteadas 52
Tabla 14. Evaluación Económica 55
Tabla 15. Variables para la evaluación fenológica del cultivo. 56
Tabla 16. Variables para la evaluación agronómica 57
Tabla 17. Variables de calidad de grano. 58

Tabla 18. Criterios de interpretación de índices 64
Tabla 19. Relación de eventos de vinculación y formación de capital humano, a realizar durante la ejecución del proyecto 93
Tabla 20. Cronograma del Proyecto 102
Tabla 21. Identificación de riesgos 105
Tabla 22. Producción estimada, volúmenes, la caracterización del producto y periodo de cosecha. 115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Municipios Productores de Quinua en el Departamento del Cauca. Los municipios sombreados en rojo son aquellos donde actualmente se produce quinua y los que están sombreados de color azul son aquellos donde se va a llevar a cabo el presente proyecto de investigación. 10
Figura 2. Producción y rendimiento de los principales países productores de quinua. Fuente: Agronet: Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA (2007 – 2017). 13
Figura 3. Departamentos productores de quinua en Colombia. Producción, rendimiento, área sembrada y área cosechada. (A) Producción total de quinua (ton/ha). (B) Área total sembrada (ha), Cosechada (ha) y Rendimiento (ton/ha). (C) Rendimiento por departamentos (ton/ha) y (D) Área sembrada por departamento (ha). Fuente: Agronet - Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA (2007-2018) 14
Figura 4. Árbol del problema 27
Figura 5. Dinámica productiva de la quinua en Colombia para el año 2018. Elaboración: R. Tarazona. Fuente: Agronet - Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA (2007-2018). 29
Figura 6. Árbol de objetivos identificado para la producción de quinua en el departamento del Cauca. 46
Figura 7. Medidor de flujo de gases GEI DX4040 para suelos. 68
Figura 8. Esquema de montaje del experimento para determinar los requerimientos hídricos del cultivo de quinua 72
Figura 9. Esquema de las condiciones del aire de secado continuo e intermitente. 79

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Acta - construcción de la Agenda I+D+i para la cadena de quinua del departamento del Cauca 116

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1 Título del proyecto

DESARROLLO DE NUEVAS RECOMENDACIONES TECNOLÓGICAS PARA CONTRIBUIR CON LA COMPETITIVIDAD Y SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR QUINUERO DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA

1.2 Resumen Ejecutivo del Proyecto

El cultivo de la quinua ha tomado especial relevancia a nivel mundial debido a su alto contenido nutricional y amplia adaptabilidad a condiciones de estrés ambiental. Dado su potencial, el departamento del Cauca ha liderado desde hace algunos años programas de fomento y comercialización donde se han llegado a establecer alrededor de 1.400 hectáreas de las que se benefician aproximadamente 1.600 familias. A pesar del desarrollo y de la importancia que ha adquirido la quinua en el departamento, aun se evidencia una brecha tecnológica que repercute en bajos rendimientos y una limitada productividad y competitividad. Por consiguiente, con el presente proyecto de investigación se busca contribuir a aumentar la disponibilidad de alternativas del departamento del Cauca a través de actividades de investigación llevando a cabo los siguientes objetivos específicos: 1. Generar líneas promisorias que serán la base para la obtención de una nueva variedad de quinua para el departamento del Cauca.; 2. Generar recomendaciones técnicas para el manejo agronómico sostenible e integral del cultivo de la quinua; 3. Incrementar las tecnologías para las labores de poscosecha del cultivo de la quinua y 4. Implementar un plan de investigación participativa para vincular las alternativas de producción generadas. Para la ejecución del presente proyecto, se gestionarán recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTeI) del departamento del Cauca, y se contará de igual forma con aportes en especie por parte de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA (antes CORPOICA) y de la Universidad del Cauca. Los valores y rubros de cada fuente de financiación se muestran en detalle en el archivo presupuestal y MGA del proyecto.

1.3 Duración del Proyecto

4 años y 6 meses (48 meses de ejecución técnica y 54 meses ejecución financiera)

1.4 Investigadores

1.4.1 Investigador Principal:

Luis Fernando Chávez Oliveros, Ph.D. Manejo y Conservación de Suelos, CI Palmira.

1.4.2 Coinvestigadores:

Daniel Ortiz, M.Sc., Fisiología vegetal. Agrosavia, Sede Popayán.
Clever Becerra, M.Sc., Suelos. Agrosavia, Sede Popayán.
Yacenia Morillo, Ph.D. Fitomejoramiento. Agrosavia, C.I. Palmira
Diana Milena Rodriguez, Fitopatología. Agrosavia, C.I. Palmira

Demian Kondo, Ph.D., Entomología, C.I. Palmira
Jackeline Gaviria, M.Sc., Entomologia, C.I. Palmira
Germán Aguilera, M.Sc., Biotecnologia, C.I. Palmira
Jose M. Martinez, M.Sc., Economia, C.I. Palmira
Rubilma Tarazona, P.A.I., Economia, C.I. Palmira
Dubert Yamil Cañar Serna. M.Sc., Poscosecha. Agrosavia, C.I. Palmira
Jader Rodríguez, Ph.D. Poscosecha. Agrosavia, C.I. Tibaitatá
Sebastián Escobar Parra, Ph.D. Poscosecha. Agrosavia, C.I. Palmira
Consuelo Montes, M.Sc. Recursos Genéticos y Fitomejoramiento. Universidad del Cauca
Román Stechauner, Ph.D. Manejo y Conservación de Suelos. Universidad del Cauca
Noé Alban. Ph.D. Riego y Drenaje. Universidad del Cauca

1.5 Red de innovación de Agrosavia

Cultivos transitorios y agroindustriales

1.6 Sector de Inversión

Ciencia, Tecnología e Innovación

1.7 Tipología del proyecto

- ☐ TIPOLOGÍA 1. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
  - Sub-tipología 1.1: ☐ Investigación Básica
  - Sub-tipología 1.2: ☒ Investigación Aplicada
  - Sub-tipología 1.3: ☐ Desarrollo Experimental

La presente propuesta está enmarcada bajo la tipología de proyectos de investigación científica y la sub tipología de investigación aplicada, dado que las actividades que se van a llevar a cabo están orientadas a la obtención de nuevo conocimiento y tecnologías, aplicando el método científico, para buscar soluciones a la baja productividad del sector quinuero del departamento del Cauca; soportado en la experiencia de AGROSAVIA en el liderazgo de proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector agropecuario.

2. CONTRIBUCIÓN DEL PROYECTO A LA POLÍTICA PÚBLICA (NACIONAL, DEPARTAMENTAL Y MUNICIPAL)

A nivel nacional la contribución del macroproyecto se centra en una de las bases más importantes de política pública:

2.1 Plan Nacional de Desarrollo

Contribución al Plan Nacional de Desarrollo (PND) del cuatrienio 2018 – 2022 que se denomina "Pacto por Colombia, pacto por la equidad"[1]

Pacto por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación: Un sistema para construir el conocimiento de la Colombia del futuro. **Línea:** tecnología e investigación para el desarrollo productivo y social

Objetivo: Contribuir al desarrollo productivo y la solución de los desafíos sociales del país a través de la ciencia, tecnología e innovación.

Uno de los objetivos trazados por el PND recalca en la necesidad de invertir más en ciencia, tecnología e innovación (CTeI) y mejorar la eficiencia de esta inversión que debe enfocar sus esfuerzos en CTeI, en solucionar problemas que requieren diseños aplicados de CTeI, fortalecer los programas de investigación de alto nivel y formar los investigadores y las competencias necesarias para la nueva economía del conocimiento.

El diseño de esos instrumentos se debe realizar a partir de información semidetallada, resultante de procesos de investigación aplicada que potencialicen la cadena de quinua con un abordaje departamental, integrando aliados regionales, potencializando el impacto de los resultados generados a través del trabajo colaborativo y fortaleciendo el capital humano de la región.

2.2 Plan de Desarrollo Departamental

Es importante resaltar que actualmente el departamento del Cauca busca la consolidación de condiciones propicias para favorecer la innovación como motor de desarrollo económico y social que impacte la competitividad de los distintos sectores. Como referente para medir y confrontar dichas condiciones, es necesario tener en cuenta el Índice Departamental de Innovación calculado para el 2015, el cual permitió realizar una evaluación comparativa de las capacidades y condiciones para la innovación, identificando fortalezas y oportunidades desde los diferentes territorios (DNP, 2015).

Para el departamento del Cauca dicho índice fue clasificado en el Grupo III que congregó a los departamentos con medio desempeño, lo que evidencia la necesidad de fortalecer el desarrollo y promoción de las capacidades de innovación en los territorios, temas relacionados con el capital humano e investigación, condiciones de infraestructura, participación ciudadana a través de las TIC e inversión pública en capital fijo (DNP, 2015).

El proyecto "Desarrollo de nuevas recomendaciones tecnológicas para contribuir con la competitividad y sostenibilidad del sector quinuero del departamento del Cauca", le apunta al fortalecimiento de la producción de conocimiento y tecnología para el sistema productivo de quinua y además pretende robustecer el capital humano de la región (productores, asistentes técnicos, universidades) a través de procesos de vinculación y trasferencia de tecnología. Así como el fortalecimiento de infraestructura en términos de equipos de laboratorios para posteriores desarrollos tecnológicos en el departamento, proceso en el cual se va a promover la participación ciudadana a través de las TIC. El desarrollo de dichas actividades propenderá por fortalecer la

[1] Departamento Nacional de Planeación. 2019. Plan Nacional de Desarrollo: "Pacto por Colombia, pacto por la inequidad"

institucionalidad en el territorio, contribuyendo a promover y facilitar la articulación de los distintos actores del SNCTA.

El presente proyecto se enmarca dentro del Plan de Desarrollo departamental: Cauca territorio de Paz 2016-2019. Dentro este plan se articula los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el Plan de Desarrollo Nacional y los planes de desarrollo municipales. "El enfoque resiliente frente al cambio climático, la necesidad de innovación social para mejorar las condiciones de competitividad y calidad de vida en las comunidades, el fortalecimiento de la producción agropecuaria y agroindustrial, principalmente asociadas al café, quinua, piña, fresa y aguacate. De igual forma, el manejo del agua, entendida como bien público y parte sustantiva de la riqueza colectiva de los pueblos y el manejo responsable de la misma para la producción energética, forman parte de la agenda pública departamental".

De acuerdo a lo establecido en el Plan y Acuerdo estratégico departamental de ciencia, tecnología e innovación del Departamento del Cauca, Dentro del componente de Innovación, que integra el eje estratégico CAUCA, GENERADOR DE CONDICIONES PARA LA RIQUEZA COLECTIVA y que busca consolidar en materia de ciencia, tecnología e innovación, el acceso e intercambio de conocimientos en condiciones de equidad territorial, mejorando las condiciones de acceso e infraestructura existentes, generando los espacios institucionales necesarios para la ampliación de la misma el proyecto se enmarca en:

La Estrategia del plan de desarrollo sectorial: Apuesta país 1. Producción científica ambiciosa con enfoque, gerencia y disciplina.

El programa sectorial: Línea 1. Fortalecimiento de la investigación y de la producción científica para la generación de nuevo conocimiento en los focos priorizados por el departamento.

2.3 Planes de Desarrollo Municipales

El presente proyecto de investigación se enmarca en cada uno de los planes de desarrollo de los municipios priorizados: Bolívar, La Vega, Totoró y Silvia. El aporte a los planes de desarrollo se hará teniendo en cuenta los enfoques de desarrollo rural, producción sustentable, en la soberanía y seguridad alimentaria de las comunidades y promoción de formas de asociatividad. Como se observa en la Tabla 1. Este proyecto está alineado a los programas agrícolas municipales dando evidencia de su pertinencia y aporte a los mismos.

Tabla 1. Planes de Desarrollo, ejes estratégicos y programas de desarrollo municipales

Municipio	Nombre Plan de desarrollo	Eje estratégico	Programa
Bolívar	Bolívar comunitario y emprendedor	Territorio, ambiente y emprendimiento	Soberanía y seguridad alimentaria y nutricional
La Vega	Unidos para sembrar progreso	Sembrando progreso para el desarrollo económico, productivo y competitivo	Producción agroecológica y sustentable

Municipio	Nombre Plan de desarrollo	Eje estratégico	Programa
Totoró	Hacia la construcción del buen vivir y desarrollo para Totoró	Totoró economía incluyente, productiva y rentable.	Promoción de alianzas, asociaciones u otras formas asociativas de productores.
Silvia	Silvia de todos, con todos, para todos	Desarrollo socioeconómico armónico	Desarrollo rural sostenible

3. LOCALIZACIÓN

La Gobernación del Cauca, a través de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del departamento en el período 2014 - 2016, ejecutó el proyecto denominado "*Apoyo a la consolidación de la cadena productiva de la quinua, mediante el fortalecimiento de la cadena productiva*", el cual se desarrolló en 12 municipios con alto potencial para el desarrollo de la quinua, logrando la siembra de 1.200 hectáreas de quinua, a través de la vinculación de 1.600 productores, la construcción y dotación de tres centros de acopio y la conformación de una cooperativa departamental. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el proyecto, se discutió con los ejecutores cuáles debían ser los municipios en los que debían concentrarse las labores de investigación, que, por sus condiciones agroclimáticas, características socioculturales, nivel de asociatividad, localización estratégica, y nivel de representatividad de las hectáreas sembradas y número de productores, presentaran ventajas comparativas que soportaran su priorización.

A través de estas discusiones, que incluyeron adicionalmente actores estratégicos de la cadena de quinua como comercializadores y transformadores, se concertó que lo más conveniente sería ejecutar el proyecto en cuatro de las municipalidades productoras de quinua del departamento (Oriente, Macizo, Centro y Sur) y en cada una de ellas, teniendo en cuenta los criterios mencionados anteriormente, se priorizaron los siguientes municipios: Bolívar (subregión Sur),La Vega (Subregión Macizo), Totoró (Subregión Oriente) y Silvia en la Zona Centro (Figura 1). Estos municipios fueron seleccionados por su ubicación estratégica (cercanía a otros municipios productores) y su rol como referentes técnicos en la producción de quinua en el departamento según información otorgada por la secretaria de agricultura del Cauca (2018). Por lo tanto, estas localidades serán usadas como centros piloto que facilitarán la vinculación y adopción tecnológica por parte de agricultores de los demás municipios productores del departamento.

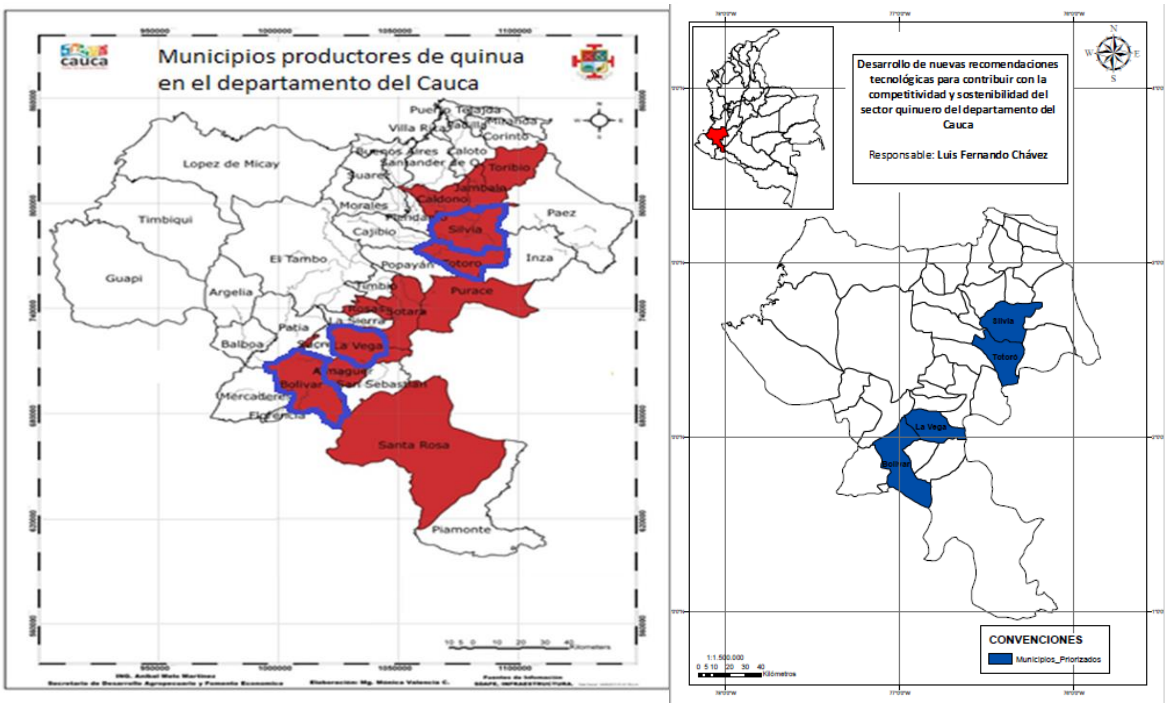


Figura 1. Municipios Productores de Quinua en el Departamento del Cauca. Los municipios sombreados en rojo son aquellos donde actualmente se produce quinua y los que están sombreados de color azul son aquellos donde se va a llevar a cabo el presente proyecto de investigación.

4. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En los últimos años el Gobierno Nacional ha financiado proyectos agrícolas para dar oportunidades a quienes viven del campo de manera que puedan tener opciones legales con las que puedan emprender iniciativas que contribuyan a mejorar su calidad de vida. A través de recursos de Sistema General de Regalías (SGR) la gobernación del Cauca ha impulsado la cadena de la quinua mediante proyectos de fomento con el fin de incentivar la siembra de nuevas áreas del cultivo, teniendo en cuenta su potencial para la sustitución de cultivos ilícitos, generación de empleo e ingresos para miles de familias campesinas e indígenas, y en general para contribuir positivamente en la etapa de postconflicto (HSB, 2013). En este sentido, el cultivo de la quinua se ha convertido en uno de los más representativos en el departamento, no solo por área sembrada sino por su importante connotación territorial a nivel económico, social, cultural y ambiental (Lewis & Franco, 2015). Cabe resaltar que este sistema productivo ha ido desplazando paulatinamente el cultivo de la amapola, convirtiéndose en una alternativa para la sustitución de cultivos ilícitos.

A finales del 2016, finalizó la ejecución del proyecto de desarrollo económico del cultivo denominado "*Consolidación de la actividad productiva de la quinua, mediante el fortalecimiento de la cadena productiva" BPIN 2012000030089* financiado a través del SGR que tuvo como principal objetivo el fortalecimiento de los diferentes eslabones de la cadena para la producción, comercialización y transformación del grano. De este

modo, con el proyecto se logró atender 12 municipios, impactando a más de 2.000 beneficiarios, convirtiendo al departamento del Cauca en el principal productor de quinua de Colombia. Este proyecto promovió la agroindustria fortaleciendo 6 empresas transformadoras que permitió dinamizar la comercialización a nivel local, nacional e internacional, también promovió la comercialización generando alianzas comerciales entre productores y agroindustrias locales con grandes empresas nacionales como Colombina, Factoría Quinua, Prodelagro, entre otras (secretaria de agricultura del Cauca, 2017).

De igual forma, recientemente se aprobó para el departamento del Cauca el Proyecto denominado "Incremento de la competitividad de la cadena productiva de la Quinua en el departamento del Cauca" BPIN 2017000030091, el cual busca mejorar la comercialización, sin descuidar la producción, prevaleciendo un enfoque de producción orgánica y/o limpia, desarrollando un proceso de especialización integral desde el cultivo hasta la venta final, garantizando cumplir con los parámetros de exportación y así lograr el sostenimiento de la actividad productiva.

Para lograrlo, en el primer objetivo es la siembra de 600 hectáreas de quinua bajo criterios de producción limpia que permitan mantener una adecuada productividad departamental iniciando el proceso transición de producción convencional a producción limpia, esto contara con procesos de formación a los beneficiarios que logre el cambio de mentalidad y se apropien de este sistema de producción. Adicionalmente, se incluyen actividades relacionadas con la certificación en producción limpia y/u orgánica de 250 hectáreas de quinua existente; la consolidación de 30 núcleos de producción de quinua, dotados con máquinas trilladoras y casetas para secado; y la generación de las condiciones para la exportación de quinua a granel producida en el Cauca, hacia mercados especializados.

A pesar de los importantes esfuerzos y recursos invertidos en el sector quinuero del departamento, se evidencia que en el país y en el Cauca se presenta una amplia brecha tecnológica relacionada con la ausencia de investigación que atienda las necesidades de los distintos eslabones de la cadena, lo cual limita la productividad y competitividad del cultivo a nivel nacional y mundial. Esta situación se evidenció en la creación de la Agenda de investigación, desarrollo e innovación para la cadena de quinua, a través de la cual se identificaron y priorizaron 14 demandas agrupadas en áreas temáticas como material de siembra y mejoramiento genético, manejo cosecha, poscosecha y transformación, socioeconomía, mercadeo y desarrollo empresarial, manejo de suelos y aguas, manejo ambiental y sostenibilidad, Alimentación y Nutrición – Humana y Animal, calidad e Inocuidad de Insumos y Productos y transferencia de tecnología, asistencia técnica e innovación. Al consolidar la Agenda de investigación para la cadena de quinua en el Cauca, se evidenció la necesidad de aunar esfuerzos interinstitucionales, con el fin de reducir las principales brechas en términos de investigación. Por tener presencia en el territorio y por la experiencia en investigación en la región se generó un trabajo colaborativo entre Agrosavia y la academia representada a través de la Universidad del Cauca.

Agrosavia (antes Corpoica) como entidad pública, al servicio del Estado, desde 1993 se ha dedicado a realizar investigación en el sector agropecuario para contribuir con el cambio técnico de manera que los pequeños agricultores tengan la posibilidad de ser más productivos y competitivos. En ese sentido, Agrosavia ha realizado numerosos desarrollos tecnológicos en cultivos de importancia para el país bajo un sistema de redes de innovación donde se agrupan los cultivos y actividades productivas más representativos del país. A nivel operacional en Agrosavia existen en total siete redes: cacao, frutales, ganadería y especies menores; cultivos

permanentes; transitorios y agroindustriales; hortalizas y aromáticas, y raíces y tubérculos. Por ejemplo, en la red de transitorios donde se ubican especies de ciclo corto como es el caso de la quinua, en los últimos años se ha puesto a disposición de los productores nuevos materiales genéticos como: maíz amarillo V-114 y maíz blanco V-159; variedades de sorgo: Agrosavia JJT-18, Agrosavia La Libertad 4; variedades de soya: Agrosavia superior 6, Agrosavia Sabana 7 y Agrosavia Taluma 5, Agrosavia achagua 8. Para estos mismos cultivos se han realizado investigaciones en las diferentes áreas del conocimiento: manejo de plagas y enfermedades, fisiología vegetal y nutrición, fitomejoramiento, manejo de suelos y aguas, manejo ambiental, poscosecha, entre otros (http://www.Agrosavia.org.co/menu/ot/).

Adicionalmente, La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA cuenta con infraestructura y espacios para investigación (laboratorios, casas de malla, viveros, lotes en campo) en sus 13 centros y sedes regionales, además de un talento humano capacitado y formado a nivel de doctorado, maestría y profesional en las diferentes áreas del conocimiento. El proyecto contará con la participación de investigadores y profesionales de los Centros de Investigación Palmira (Valle del Cauca), Tibaitatá (Cundinamarca) y Sede Popayán (Cauca).

Por otro lado, la Universidad del Cauca es una institución de educación superior pública, autónoma, del orden nacional, creada en los orígenes de la República de Colombia el 24 de abril de 1827; fundada en su tradición y legado histórico, es un proyecto cultural que tiene un compromiso vital y permanente con el desarrollo social, mediante el desarrollo de procesos de investigación y educación crítica, responsable y creativa. Cuenta con una planta docente con altos niveles de formación y una importante experiencia en investigación multidisciplinar, distribuidos en 9 facultades, 43 programas de pregrado, y diversos programas de posgrado, entre los cuales se encuentran especializaciones, maestrías y doctorados. Adicionalmente, se dispone de una amplia infraestructura de laboratorios y espacios destinados para investigación en las distintas facultades, con equipos de última tecnología.

De igual manera, la Universidad del Cauca se destaca por su liderazgo en el contexto regional frente a la generación de nuevo conocimiento, reflejado en la consolidación y dinámica de sus 64 grupos de investigación reconocidos por Colciencias, en la acreditación de sus programas de pregrado y posgrado, y en la acreditación institucional. La educación e investigación con énfasis en el sector agropecuario se ha concentrado fundamentalmente en la Facultad de Ciencias Agrarias, a través de los programas: Ingeniería Agroindustrial, Ingeniería agropecuaria, e Ingeniería Forestal. Vale la pena mencionar que desde los departamentos de Agropecuaria y Agroindustria se han desarrollado investigaciones con énfasis en quinua. En dicha facultad, se ha venido potenciando el desarrollo de procesos de investigación a través de la creación y fortalecimiento de los grupos de investigación, entre los que se destacan: investigación para el desarrollo rural (TULL); Sistemas Integrados de producción agropecuaria, forestal y acuícola (SISIMPRO), a este grupo de investigación están asociados los docentes participes de este proyecto de investigación; Nutrición Agropecuaria (NUTRIFACA); y Ciencia y Tecnología en Biomoléculas de Interés Agroindustrial – CYTBIA, en categoría A de Colciencias, con una trayectoria de más de 10 años.

4.1 Antecedentes de Investigaciones a Nivel Mundial

4.1.1 Aspectos Generales del Cultivo

Las Naciones Unidas declararon el año 2013 como el año internacional de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) debido al creciente interés que este cultivo ha generado en muchos países (FAO, 2013). El cultivo de la quinua está siendo ampliamente promocionado debido principalmente a las características rústicas, a sus altas cualidades nutritivas con alto aporte proteico y a su resiliencia al cambio climático. Este cultivo se encuentra sembrado en 50 países dentro de los cuales se incluye a Inglaterra, Suecia, Dinamarca, Italia, Holanda, Estados Unidos, Canadá, Kenia, Malawi, India, China, Pakistán, Brasil, entre otros, y en regiones que van desde el nivel del mar hasta los 4.200 msnm, en diferentes pisos térmicos y varias zonas agroecológicas (Rojas & Patiño 2014).

La mayor producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a nivel mundial se da en el área andina de Perú, Ecuador y Bolivia, quienes cubren el 80% del total de la demanda mundial. El principal país productor mundial de quinua y con los mayores rendimientos es Perú, seguido de Ecuador y Bolivia (Figura 2), principalmente debido a un articulado esfuerzo estatal y de la empresa privada en el desarrollo del cultivo de la quinua, dando soporte a este importante renglón agrícola a través de la investigación. De esta manera, Perú alcanzó en el 2014 las 110 mil hectáreas sembradas con rendimientos mayores a 1,6 toneladas por hectárea. De igual forma, Ecuador y Bolivia han desarrollado programas a largo plazo de mejoramiento de quinua junto a otros granos andinos como amaranto y lupino (Mazón et al., 2016).

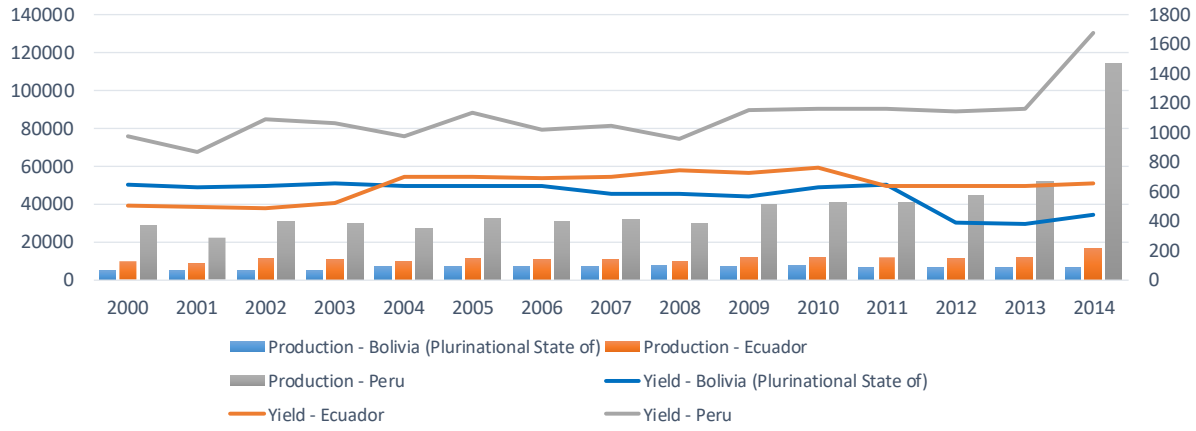


Figura 2. Producción y rendimiento de los principales países productores de quinua. Fuente: Agronet: Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA (2007 – 2017).

Para el caso específico de Colombia, actualmente la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se cultiva en zonas que superan los 2.000 m s.n.m. en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Cauca (Figura 3). Especialmente, desde el 2012 los departamentos de Cauca y Nariño han incrementado significativamente el área de siembra gracias al apoyo de las gobernaciones. En este sistema productivo priman las fincas minifundistas que no superan las 5 hectáreas, la producción se realiza en pequeña escala y se lleva a cabo en terrenos de ladera donde predominan los suelos ándicos que se caracterizan por poseer una baja disponibilidad de nutrientes para las plantas. Por otro lado, en algunas zonas esta actividad se caracteriza porque está siendo

llevada a cabo bajo sistemas de rotación con otros cultivos de economía campesina como papa, frijol-maíz, arveja, haba, en bajas densidades (Restrepo, 2005).

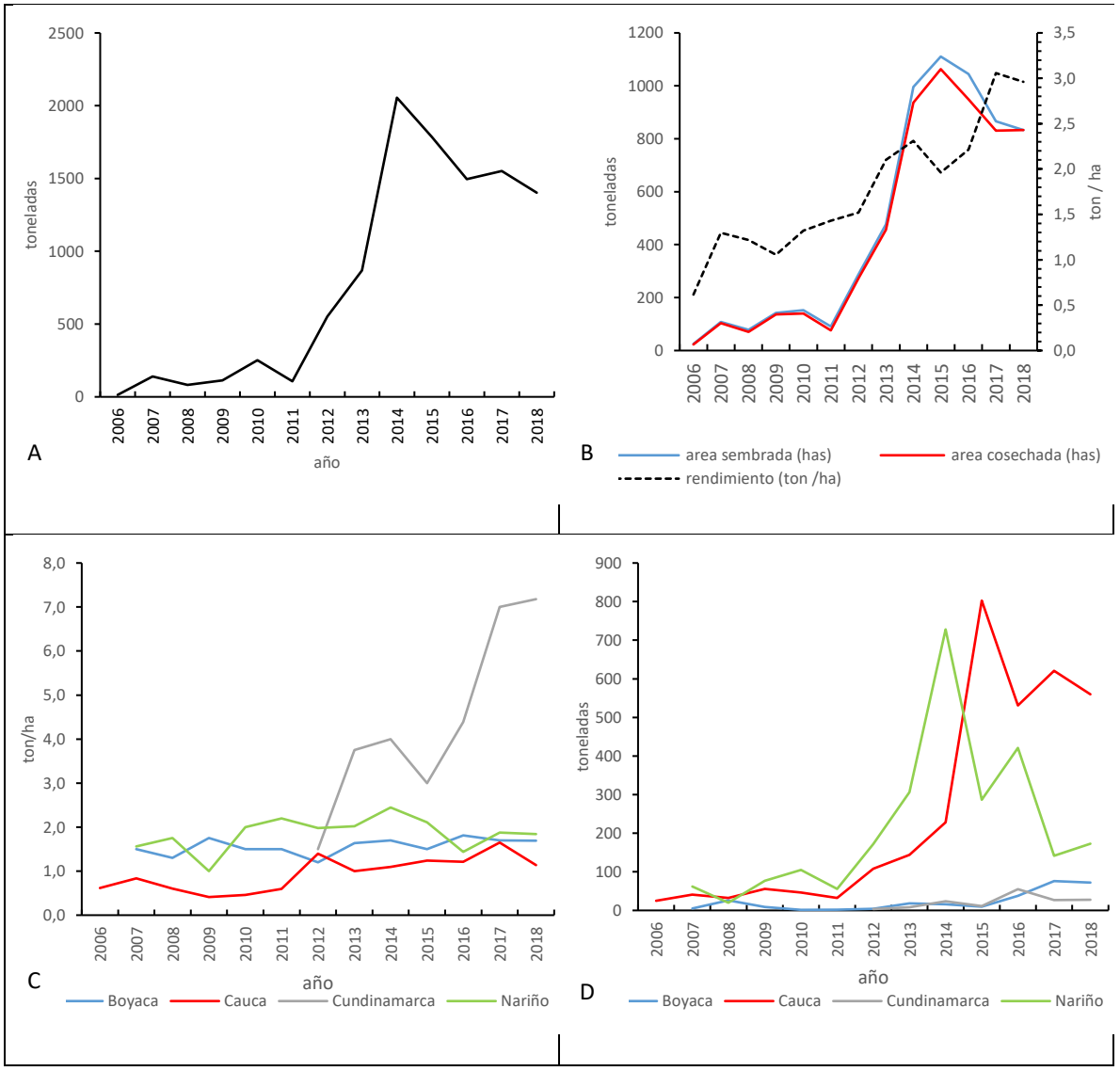


Figura 3. Departamentos productores de quinua en Colombia. Producción, rendimiento, área sembrada y área cosechada. (A) Producción total de quinua (ton/ha). (B) Área total sembrada (ha), Cosechada (ha) y Rendimiento (ton/ha). (C) Rendimiento por departamentos (ton/ha) y (D) Área sembrada por departamento (ha). Fuente: Agronet - Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA (2007-2018)

Para el departamento del Cauca como se observa en la figura 3C, los rendimientos por hectárea se han mantenido por debajo de los rendimientos de los demás departamentos productivos, como se observa a 2018, para Cundinamarca se tiene los rendimientos más altos con 7,2 ton / ha, y para el departamento del Cauca se

registra en el mismo año un rendimiento de 1,1 ton / ha. Contrario a esto, como se muestra en la figura 3D. El departamento de Cauca registra un mayor número de hectáreas sembradas respecto a los demás departamentos. Es decir que no hay una relación proporcional entre las áreas sembradas y los rendimientos obtenidos. En conclusión, según lo anterior el departamento del Cauca no responde proporcionalmente al incremento en área sembrada. Pueden existir diferentes factores de diferenciación para la respuesta en los rendimientos por hectárea para la producción de Quinua en el departamento del Cauca, dado que se ubica en primer lugar en áreas sembradas seguido por el departamento de Nariño, pero en rendimientos se ubica en el último lugar después de Cundinamarca, Nariño y Boyacá.

A continuación, se relacionan los antecedentes de investigación que reporta la literatura y que soportan el planteamiento de este proyecto en cada uno de sus componentes, siendo además el respaldo de los procedimientos metodológicos basados en el método científico, que se proponen como alternativa de solución a la problemática identificada.

4.1.2 Mejoramiento genético de la Quinua en Colombia

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha sido cultivada y ha servido como base de la alimentación de los pobladores prehispánicos colombianos desde hace siglos, sin embargo, por diversas razones su uso fue disminuyendo con el paso de los años (Puentes, 2014). Gracias a que las comunidades indígenas y campesinas del departamento del Cauca reconocen a la quinua como un cultivo ancestral y autóctono, en la última década diversas entidades públicas y privadas han fomentado y han propiciado acciones encaminadas a aumentar el área sembrada. Inicialmente se incentivó el uso de la quinua como estrategia de seguridad alimentaria para la región, pero dado el creciente mercado nacional e internacional se ha fomentado también para la generación de ingresos a los productores (Lewis & Franco, 2015).

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es originaria de los alrededores del rio Titicaca que está ubicado en la frontera de Perú y Bolivia (Heiser & Nelson, 1974). Desde hace aproximadamente 6.000 años ha hecho parte de la seguridad alimentaria de los habitantes de la cordillera de los Andes, quienes llevaron a cabo su domesticación en zonas con condiciones edafoclimáticas contrastantes, que van desde el nivel de mar hasta los 4.000 m.s.n.m., en temperaturas de los 30 a los -5°C en suelos con pH de 4-9, en suelos ándicos y suelos arenosos, zonas húmedas y zonas secas, etc. (Jacobsen & Sherwood, 2002; Rojas & Patiño, 2014). Dichas condiciones han dado lugar al surgimiento de diversos ecotipos caracterizados por su adaptación a diferentes zonas agroecológicas: nivel del mar, yungas (1.500-2.500 m.s.n.m.; 700 mm anuales), valles interandinos (2.500-3.500 m.s.n.m.; 500 mm de precipitación anual), altiplano (3.600 – 3.800 m.s.n.m.; 350-500 mm precipitación anual) y salares (Sales sur Bolivia, 3600 m.s.n.m.; 200-250 mm precipitación anual), los cuales reflejan la gran diversidad genética y la excepcional adaptabilidad de la especie (Jacobsen et al. 2003; Rojas & Patiño 2014).

En el país se cultivan variedades amargas, semidulces y dulces, según el contenido de saponinas que presenten. La principal variedad amarga utilizada en la Sabana de Bogotá es la Amarilla de Maranganí; las principales variedades dulces sembradas en el Altiplano Cundi-Boyacense son: Tunkahuan y Blanca Dulce de Jericó. En el Departamento de Nariño siembran la variedad Quillacinga, Púrpura, Aurora, Nariño, Piartal y

Tunkahuan, estas dos últimas: son originarios de la Provincia del Carchi (Ecuador), SL47, cultivar seleccionado por la Facultad de Ciencias Agrícolas y la variedad Blanca de Jericó procedente de Boyacá (Sañudo, et al., 2005).

Igualmente, se encuentran ecotipos provenientes de diferentes países y algunos nativos, los principales son: Sayaña. Ingapirca, Ayara, Ratuquí, Kamiri, Real, Utusaya, Amarilla de Maranganí, Cheweca, Blanca de Junín, Blanca de Julí, Chucapaca, Kancolla, NL – 6, Ecu – 405, 03 – 08 – 51, Pandela, Chulpí, Huariponcho, Masal 389, Pasankalla, RM 03 – 21 – 07, Koyto, Achachino, Witulla, Blanca Dulce, entre otros (Alianza "Cadena Agroalimentaria de la Quinua", 2005).

En Colombia se han realizado algunas investigaciones enfocadas a evaluar el material genético disponible en el país que corresponde a los cultivares de Piartal, Tunkahuan, SL47, y el ecotipo "Blanca de Jericó". En general los resultados de dichas investigaciones sugieren que el acervo genético nacional es heterogéneo y variable en cuanto a características morfológicas, rendimiento, susceptibilidad a mildeo, entre otras (Delgado et al., 2009; Torres et al., 2000). Específicamente, Delgado et al. (2009) evaluaron 9 selecciones de cultivares y encontraron que el 70% fueron susceptibles a mildeo, con los cuales obtuvieron rendimientos entre 1705 a 2699 kg/ha con un ciclo productivo que estuvo entre 128 y 187 días.

El cultivar con el mejor comportamiento morfo agronómico fue el SL47 presentando el mayor índice de selección de acuerdo con las variables evaluadas. Este material fue liberado posteriormente como cultivar FACIANAR AURORA y hasta la fecha es la única variedad de quinua consignada en el registro Nacional de Cultivares del ICA. Este nuevo cultivar fue desarrollado por la Universidad de Nariño y registrado para la subregión Nudo de los Pastos (ICA), sin embargo, no presentó buena adaptabilidad al departamento del Cauca (Secretaría agricultura Cauca, 2012).

Similarmente, Torres et al. (2000) evaluaron morfo agronómicamente 19 genotipos provenientes de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Dinamarca, Ecuador, Holanda, Inglaterra y Perú, para las condiciones de la sabana de Bogotá. En sus resultados encontraron que los genotipos tuvieron ciclos productivos entre 138-216 días, y el mayor rendimiento lo obtuvo una línea de Dinamarca E-DK-4 con un rendimiento de 2.803 kg/ha. Sin embargo, esta línea presenta un bajo índice de cosecha debido a la gran producción de follaje, lo que la hace poco eficiente en el uso de recursos para producción de grano.

4.1.3 Manejo agronómico del cultivo

Las principales limitantes para el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Colombia que se manifiestan para semilla/insumos y producción primaria son el bajo fomento e información que existe en procesamiento y maquinaria para trilla, secado y almacenamiento; capacitación insuficiente en el manejo de cultivos y poscosecha; desconocimiento de los sitios óptimos del cultivo en el país; incertidumbre sobre la continuidad de programas de gobernación; falta de apoyo del gobierno central; desconfianza de los productores para asociarse; no existen colecciones de germoplasma determinadas ni archivos unificados por parte de entidades responsables para mantener identidad genética; baja calidad del grano (el tamaño es reducido y tiene

residuos); carencia de variedades priorizadas según requerimientos del mercado; y falta de caracterización de la semilla (Jager, 2015).

Se deben tener presente las siguientes estrategias como alternativas de solución:
- Zonificación agroecológica y socioeconómica de la quinua en Colombia.
- Fortalecimiento organizacional.
- Protocolo de producción de semilla artesanal.
- Programa nacional de mejoramiento de variedades.

En ese sentido se deben fijar como acciones el establecimiento permanente de una plataforma técnica de información; realización de diagnósticos zonales-regionales; elaboración y publicación de un manual de buenas prácticas agrícolas de la quinua; gestión de procesos de desarrollo organizacional con comunidades de pequeños productores; construcción de fichas técnicas de variedades; y establecimiento de una colección nacional de la quinua (Jager, 2015).

Densidades de siembra

En los cultivos de ciclo corto, el rendimiento está fuertemente influenciado por el número de plantas por la superficie de suelo (Gallagher & Biscoe, 1978). Existe una densidad óptima donde se obtiene el mayor rendimiento, que al aumentar o disminuir la densidad, el rendimiento se ve afectado negativamente, debido principalmente la ineficiencia en el uso del espacio o por la competencia por recursos como agua, nutrientes y radiación solar (Lambers et al., 2008). Estas complejas respuestas se manifiestan tanto en la fisiología como en la morfología de la planta e inciden en definitiva en la productividad y calidad de la producción (González et al., 2014).

A nivel mundial existen grandes discrepancias con respecto a las densidades de siembra que se deben implementar para el cultivo de la quinua. Por ejemplo, Jacobsen et al. (1994), determinaron que la densidad óptima para las condiciones ambientales de Dinamarca era de 2.200.000-3.270.000 plantas/ha, lo correspondiente a 110–163,5 plantas por metro lineal con una distancia de 0,5 m entre surcos. Mientras que González et al. (2016) en argentina a 2000 m.s.n.m. evaluó dos densidades de siembra de 4,2 Plantas/m lineal y 27,9 plantas/m lineal ambos con una distancia entre surcos de 0,5m que equivalen a 84.000 plantas/ha y 558.000 plantas/ha, respectivamente; donde la menor densidad genera un rendimiento de grano 1,8 veces mayor.

Incluso esta diferencia se puede encontrar en el establecimiento de ensayos experimentales de algunos trabajos de investigación. Es el caso de Pulvento et al. (2010) quienes implementaron las parcelas experimentales con dos variedades chilenas en el sur de Italia, con una densidad aproximada de 200.000 plantas/ha y con distancias de siembra entre surcos de 0,4 m. Mientras que Tapia y Fries (2007) para zonas de Bolivia y Perú con una densidad de siembra aproximada de 250.000 plantas/ha y una distancia de surcos de entre 0,40 – 0,60 m. En Colombia, Delgado et al. (2009) realizaron sus experimentos a distancias de 0,4 m entre surcos y 0.3 m con 3,3 plantas/m lineal, correspondiente a 83.000 plantas/ha. En general, en Colombia se siembra quinua en distancias entre plantas de 0,1 hasta 0,3 m y entre surcos de 0,4 a 1m de distancia, en

los casos más extremos se tienen densidades de 33.000 plantas/ha y 250.000 plantas/ha. De esta forma se pone en evidencia la importancia de definir las densidades óptimas para los productores de quinua en el Cauca.

Fertilización

Los estudios realizados en la determinación de requerimientos nutricionales y fertilización en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se han realizado en otras latitudes y en suelos con características muy distintas a las de Colombia. En dichos estudios los rendimientos promedios de aquellos cultivos que no son fertilizados están alrededor de 500 kg/ha. En contraste, se ha demostrado que con el empleo de planes de fertilización se ha logrado incrementar el rendimiento de grano entre un 100% a un 400% (Berti et al. 2000). En otras investigaciones efectuadas con relación a la influencia de los diferentes nutrientes en la producción de quinua se ha concluido que con una precipitación mayor a 600 mm/año, la quinua responde en forma significativa en el aumento del rendimiento con la aplicación de elementos mayores, nitrógeno, fósforo y potasio, elementos que por lo general presentan bajos contenidos en los suelos altoandinos (Ávila & Etchevens, 1988; Jacobsen et al. 1994).

En diferentes ensayos de fertilización en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), con una precipitación por encima de 400 mm/año, se ha calculado que, por cada kilogramo de N aplicado por hectárea, hasta un nivel de 120 kg/ha, la producción de quinua se eleva en 16 kg/ha, lo cual convierte a la fertilización en una práctica con un alto potencial para incrementar la productividad (Ávila & Etchevens, 1988; Berti et al., 2000; Jacobsen et al., 1994). Por ejemplo, con el suministro alto de N a niveles medios de P y K permite incrementar el rendimiento de 1.106 kg/ha a 2.036 kg/h; el aporte de altos cantidades P a niveles medios de N y K permite incrementar el rendimiento de 1237 kg/ha a 1924 kg/ha; y la aplicación de altos niveles de K a niveles medios de N y P permite incrementar el rendimiento de 1712 kg/ha a 2034 kg/ha (Gomaa, 2013; Kaul et al., 2005; Nieto et al., 1997).

Existen numerosos métodos para diagnosticar los niveles críticos y las franjas de suficiencia nutricional de los cultivos; algunos de ellos se basan en el análisis químico del tejido vegetal y de suelos (Maldonado et al., 2008). Para la interpretación del análisis foliar, se emplea el enfoque del Índice de balance de nutrientes (IBN-DRIS) desarrollado por Walworth & Summer (1987). El Método DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) posibilita entre otras cosas elaborar las curvas de absorción de nutrientes que brindan información más precisa acerca de los elementos y las proporciones que consume un cultivo a lo largo del ciclo de vida. Además, define los periodos de mayor demanda y en consecuencia el mejor momento para la aplicación de fertilizantes. También permite obtener el Índice de Balance de Nutrientes (IBN-DRIS) a través de la suma algebraica de los valores absolutos de IN-DRIS. Dicho índice determina el grado de balance o desbalance nutricional en un cultivo (Walworth & Summer, 1987). Considerando que este método usa el concepto de balance nutricional y que ha sido ampliamente empleado para gran número de cultivos tropicales, se plantea que el DRIS podría servir para el diagnóstico nutritivo del cultivo de la quinua y podría ser usado como herramienta y punto de referencia para la recomendación de fertilizantes de manera que haya un incremento en la eficiencia en el uso de nutrientes para un mejor desarrollo de los cultivos mejorando los rendimientos en el departamento.

Prácticas de manejo sostenible

Uso de coberturas, rotaciones y mitigación de gases de efecto invernadero (GEI):

Todo el proceso de fortalecimiento de la cadena realizado hasta la fecha en el departamento ha generado gran expectativa en los productores y agroindustrias del Cauca, pero también en la industria de alimentos a nivel nacional e internacional, sin embargo, como toda actividad productiva en nacimiento y consolidación, requiere de apoyos en investigación que permitan dinamizar la cadena de valor, posicionarla y garantizar su sostenibilidad.

Dado que la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es considerada un alimento funcional de un mercado especializado, el comprador no solo busca nutrición, también busca otros elementos como producción limpia, orgánica y responsabilidad social, entre otros aspectos. Adicionalmente, la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) apenas empieza su proceso de adopción por parte de los agricultores en Colombia por lo tanto el consumo de quinua actualmente es bajo teniendo a nivel nacional mayor demanda que oferta, esto hace que mucha de la quinua producida debe ser exportada, pero para lograr la adecuada comercialización el exterior se debe cumplir con los parámetros sanitarios de estos países, además de las exigencias de mercado antes mencionadas.

En la búsqueda de una agricultura sostenible, se considera la utilización de abonos verdes basado en el cultivo de plantas para producir gran cantidad de material vegetal que será adicionado al suelo con la finalidad de proteger, mantener la humedad y disminuir la infestación de plantas invasoras (Aita & Giacomini, 2007; Amado et al., 2001; Bayer et al., 2016; Pappa et al., 2011). Plantas de diferentes familias botánicas pueden ser utilizadas como abonos verdes, sin embargo, el uso de leguminosas constituye una práctica más difundida para esa finalidad. La principal razón para esta preferencia es el hecho de las leguminosas tener la capacidad de fijar el N atmosférico a través de la simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*. En relación con la rotación de cultivos, trabajos realizados en Perú han demostrado que la quinua alcanza buenos rendimientos cuando se rota después de un cultivo, de papa (Gómez & Aguilar, 2016; Pinedo et al., 2017a, 2018). De ahí la importancia de evaluar la frecuencia de las rotaciones en el cultivo de la quinua en los sitios de interés donde se desarrollará el proyecto.

Las leguminosas además de aumentar el contenido de materia orgánica (MO) del suelo, promueven el reciclaje de nutrientes debido a su capacidad de exploración del suelo, lo que proporciona diversos beneficios físicos, químicos y biológicos. Adicionalmente, pueden representar una economía en la adición de fertilizante nitrogenado mineral al suelo, considerando que N es el nutriente que más limita la producción de quinua.

La concentración atmosférica de los tres principales GEI; dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y metano (CH_4), han aumentado rápidamente en los últimos años siendo este fenómeno asociado a las actividades antropogénicas. A nivel mundial, se estima que la agricultura contribuya con aproximadamente 22% de las emisiones totales de CO_2, 80% de las emisiones de N_2O y 55% de las emisiones de CH_4 (IPCC, 2007). A pesar de que son emitidos en menor cantidad que el CO_2, el N_2O y CH_4 presentan potencial de calentamiento 296 y 23 veces, respectivamente, mayor que este gas (IPCC, 2007). De esta forma, la gran contribución de la agricultura en la emisión de GEI y el potencial de estos gases para causar calentamiento global justifican la necesidad de caracterización de las prácticas de manejo en relación con el potencial de mitigación de las emisiones.

Sin embargo, la mayoría de los resultados sobre emisión de GEI en sistemas agrícolas han sido obtenidos en suelos de regiones templadas, siendo escasos los estudios sobre las emisiones en regiones tropicales. En Colombia, las investigaciones en esta área se encuentran en fase inicial, siendo necesarias investigaciones continuas que permitan identificar sistemas de manejo del suelo con potencial mitigador de las emisiones de GEI, que presenten características de alta productividad y de preservación ambiental.

Por otro lado, siendo N el nutriente principal que determina la producción del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y para maximizar el rendimiento es aplicado generalmente en forma de urea (46% N), la baja eficiencia en la utilización de N (alrededor del 50%) y la incorrecta aplicación, determina que los excesos contribuyan a la contaminación ambiental.

La realización de este proyecto de investigación permitirá identificar zonas con alto potencial de emisión de GEI en áreas cultivadas con quinua y prácticas agrícolas potencialmente mitigadoras de estas emisiones a nivel regional, representando un avance en la identificación de sistemas de manejo del suelo con características de alta productividad y de preservación ambiental en Colombia.

4.1.4 Limitaciones fitosanitarias del cultivo de la Quinua

Al cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se asocian una gran diversidad de artrópodos, los cuales se pueden clasificar en fitófagos, donde algunos de ellos causan daño económico llegando a ser plaga; insectos benéficos (enemigos naturales de plagas y polinizadores) y artrópodos indiferentes al cultivo. Así mismo, la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se ve afectada por un número variable de enfermedades. Sin contar la pérdida ocasionada por la presencia de malezas y de aves plagas que consumen los granos.

Entomofauna asociada

En cuanto a la presencia de insectos plaga, existe una gran diversidad de especies limitantes, pero hay una preocupación creciente en cuanto a la presencia de larvas y adultos de varias familias de mariposas, dentro de los que se destacan dos especies de la familia Gelechiidae, una especie de la familia Geometridae y varias especies dentro del complejo de la familia Noctuidae, destacándose los géneros: *Helicoverpa*, *Copitarsia* y *Agrotis*, los cuales han sido reportados en zonas de producción en Bolivia, Perú, Ecuador, Argentina, Chile y Colombia (FAO, 2016b; Saravia et al., 2014) (Tabla 2). En general, los insectos plagas pueden encontrarse como masticadores de follaje o como insectos de la panoja, siendo estos últimos los que más perdidas generan en el rendimiento del cultivo. Las polillas de la quinua (*Eurysacca melanocampta* y *Eurysacca quinoae*) y la polilla *Helicoverpa quinoa*, son responsables de pérdidas del orden del 20% de la producción en varias regiones Andinas (FAO, 2016b).

Así mismo, existen otros insectos que son de importancia en el cultivo debido a su rol como controladores biológicos, destacandose los coleópteros (Coleoptera) de las familias Carabidae, Cicindelidae y Coccinellidae; moscos (Diptera) depredadores: de las familias Syrphidae, Asilidae; y neurópteros (Neuroptera) de las familias Chrysopidae y Hemerobiidae; y avispas parasitoides del orden Hymenoptera y moscos (Diptera) parasitoides de la familia Tachinidae (Saravia et al., 2011). En cuanto a control biológico de los insectos plagas también se

ha registrado el virus de la poliedrosis nuclear el cual se ha presentado en regiones del altiplano de Bolivia en larvas del complejo de polillas de la familia Noctuidae. Así mismo, se ha registrado la afectación por *Bacillus thuringiensis* (Saravia et al., 2014).

Diferentes zonas agroecológicas presentan determinados insectos asociados al cultivo y en general la presencia, frecuencia y nivel de daño varía dependiendo de la ubicación geográfica, fases de desarrollo del cultivo, presencia de enemigos naturales, condiciones ambientales, entre otros.

Tabla 2. Principales lepidópteros asociados al cultivo de la quinua en regiones Andinas.

Familia	Género	Especie
Gelechiidae	*Eurysacca*	*E. melonocampta* (Meyrick)
		E. quinoae Povolný
Geometridae	*Perizoma*	*P. sordescens* Dognin
Noctuidae	*Agrotis*	*A. 21iogeoq* (Hufnagel)
	Copitarsia	*C. decolora* Guenée
		C. incommoda Walker
		C. turbata Herrich-Schaeffer
	Dargida	*D. graminivora* Walker
		D. acanthus Herrich-Schaeffer
	Feltia	*F. experta* Walker
	Helicoverpa	*H. quinoa*
		H. titicacae Hardwick
		H. atacamae
	Heliothis	*H. zea* (Boddie)
		H. titicaquensis
	Peridroma	*P. saucia* (Hübner)
	Pseudaletia	*P. unipunctata* Haworth
		P. interrupta Maassen
	Spodoptera	*S. eridamia* (Cramer)
		S. frugiperda (J. E. Smith)

Fuente: Información tomada y adaptada de Saravia et al. 2014.

Enfermedades

En la región andina, la quinua se ve afectada por enfermedades en todas las fases de desarrollo del cultivo, desde la germinación de las semillas hasta cuando se aproxima la cosecha, los cuales causan pérdidas en los rendimientos y en la calidad de los productos. Las enfermedades más limitantes son causadas por hongos y oomicetos, y en menor proporción por bacterias, virus y nemátodos. La incidencia y severidad de estas enfermedades están condicionadas por la variedad, susceptibilidad del estado fenológico y condiciones ambientales (Tapia et al., 1979).

La enfermedad más importante de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es el mildiu, causado por *Peronospora variabilis* Gäum. (Antes *P. farinosa* f. sp. *Chenopodii* Byford), que ocasiona pérdidas en el rendimiento entre 33 y 58%. En condiciones de alta presión de inóculo, puede llegar incluso hasta un 100% si las condiciones son muy favorables para su desarrollo: humedad relativa mayor al 80%, temperatura entre 15 y 25 °C y precipitaciones por encima de los 500 mm (Danielsen et al., 1999; Danielsen & Ames, 2000, Risco & Mattos, 2015). Existen evidencias de la presencia del patógeno exteriormente en el epispermo de las semillas cosechadas en plantas enfermas; siendo una fuente de inóculo primario para el inicio del avance de la enfermedad y la forma más importante de dispersión de la misma (Testen et al., 2014).

Otras enfermedades de importancia secundaria en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) son la podredumbre marrón del tallo (*Phoma exigua var. foveata),* podredumbre radicular (*Rhizoctonia solani, Pythium* sp., *Fusarium* sp.), manchas foliares (*Ascochyta hyalospora*), ojo de gallo (*Cersospora sp*.), mancha ojival del tallo (*Phoma sp*.), moho verde (*Cladosporium sp*.) y mancha bacteriana (*Pseudomonas sp.*) entre otras (Plata et al. 2014, FAO 2016), las cuales podrían, ocasionalmente, tornarse relevantes bajo ciertas circunstancias (Acuña, 2008; Plata et al., 2014).

En Colombia se carece de estudios de problemas fitosanitarios que afectan el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), se desconocen las plagas más limitantes y aspectos de etiología y epidemiología de las enfermedades, además no se evidencias estudios entorno a los Esquemas de Aseguramiento de la Calidad Sanitaria (EACS), que permita conocer de primera mano la causa de la enfermedad, su severidad e impacto en todo el ciclo productivo. Por lo tanto, es de vital importancia hacer eco de los diferentes estudios fitosanitarios en las regiones de producción de quinua en varios países de la zona Andina para determinar si el complejo de insectos plaga, beneficiales y enfermedades se extienden hasta las regiones de producción colombiana y generar una línea base con la caracterización de las zonas agroecológicas de nuestra geografía para la presencia de plagas y enfermedades limitantes, como principio fundamental para el manejo integrado de plagas (MIP).

4.1.5 Poscosecha

Las operaciones de poscosecha son actividades posteriores a la producción agrícola primaria y forman parte del encadenamiento productivo del grano. Tienen por objetivo mantener la cantidad y calidad del producto evitando o disminuyendo las pérdidas, daños y el deterioro del grano en cada una de las etapas. Para ello, es importante utilizar tecnologías, máquinas, equipos y herramientas apropiadas. El proceso de poscosecha inicia con un presecado en donde las panículas cosechadas se les reduce su contenido de humedad (< al 15 % w.b) (Apaza et al., 2006) para separar las semillas de quinua de la planta en el proceso de trillado (Calla and Cortez, 2011). El proceso de trillado se puede realizar manualmente, empleando palos, animales de carga, pisando con las ruedas de un tractor y mecanizado empleándose trilladoras estacionarias.

Una vez los granos están trillados se procede a realizar una limpieza del grano. Este proceso de limpieza consiste en separar el grano de impurezas que incluye fragmentos de hojas, pedicelos, perigonio, inflorescencias y pequeñas ramas (Apaza et al. 2006). Para esta labor manual se utilizan zarandas generalmente de 0,80 m x 1,50 m que pueden ser de malla o planchas perforadas con orificios de 3,5 a 4 mm.

Los operadores realizan movimientos de vaivén para separar los granos. El proceso de limpieza suele estar acompañado de una operación de venteado, el cual consiste en separar las impurezas pequeñas y livianas aprovechando la energía del viento en la práctica tradicional o el trabajo mecánico de un soplador/ventilador.

Posteriormente, es necesario realizar un proceso de secado. El objetivo del secado es reducir el contenido de humedad del grano a menos de 12%, para evitar procesos de fermentación o enzimáticos que afectan el color, sabor y contenido nutricional del grano (Brady et al., 2007; Miranda et al., 2010) y facilitar su almacenamiento y transporte. Finalmente, el flujo de información generado en las líneas de producción será migrada a un Sistema de Trazabilidad (ST) para identificar las variables o descriptores del proceso y generar históricos que nos permita trazar los movimientos realizados, de este modo permitirá contribuir a la toma de decisiones.

5. PROBLEMÁTICA

5.1 Problema Central

Baja disponibilidad de alternativas que mejoren la producción de la quinua en el departamento del Cauca

5.2 Descripción del Problema

.

En el país en general, existe un limitado desarrollo tecnológico entorno al sistema productivo de la quinua en consecuencia su disponibilidad es escaso ocasionando que el manejo del cultivo se realice con base en el conocimiento empírico de los agricultores y en otros casos se usen tecnologías desarrolladas en otras latitudes. Infortunadamente, estos desarrollos no han sido validados a las condiciones propias del territorio a través de procesos de investigación, generando así que la asistencia técnica prestada en los diferentes proyectos de fomento del cultivo, repercutan en bajos rendimientos y calidad de las cosechas. Igualmente ocurre con las variedades disponibles y tecnologías de poscosecha las cuales son insuficientes y deficientes para atender las necesidades del departamento. Todo lo anterior ha generado problemas de competitividad de la cadena productiva de la quinua, lo cual pone en riesgo su sostenibilidad (Delgado et al., 2009; Torres et al., 2000).

En la actualidad el departamento del Cauca es el mayor productor de quinua a nivel nacional con aproximadamente 1.400 hectáreas (Lewis & Franco, 2015). La mayor parte del área está sembrada con materiales locales no mejorados, los cuales presentan baja calidad de grano al ser heterogéneos en cuanto a color y tamaño por lo que los productores son castigados con el precio. Además, estas variedades son susceptibles a plagas y enfermedades, presentando bajos rendimientos (~1,8 ton/ha) muy por debajo del potencial de las variedades mejoradas (4,5 ton/ha) situación que pone en riesgo a la cadena ya que lo hace poco competitivo a nivel de productividad (Agronet, 2014; Apaza et al., 2013; Delgado et al., 2009; Torres et al., 2000). A pesar de que los productores han contado con la presencia de entidades gubernamentales y acompañamiento de asistentes técnicos, estos no cuentan con el respaldo de un modelo productivo adecuado para el país.

En términos de recursos genéticos, durante la época prehispánica la quinua fue introducida al país por la frontera sur de Colombia a través del departamento de Nariño, desde donde se dispersó hacia diferentes regiones (Pulgar & Vidal, 1954). Sin embargo, durante la época de la colonia, la diversidad genética del país se perdió considerablemente como consecuencia a la prohibición impuesta sobre el cultivo por parte de los conquistadores españoles, quienes consideraban la quinua como un cultivo pagano al ser usado por los indígenas en sus rituales (Jacobsen et al., 2003; Tapia, 1979). Adicionalmente, el cultivo intensivo de cereales como el trigo, la cebada y el maíz; redujo significativamente el cultivo de la quinua en Colombia (Heiser & Nelson, 1974). Por consiguiente, esta estrecha base genética limita el aprovechamiento del potencial genético de la especie.

Así mismo, existe un alto desconocimiento sobre las prácticas adecuadas en el manejo del cultivo. Específicamente, existen grandes discrepancias en el manejo de distancias de siembra, las cuales van desde 0,1 hasta 0,3 m entre plantas y de 0,4 hasta 1 m entre surcos, lo cual puede generar diferencias incluso de 83.000 plantas/ha (Delgado et al., 2009; Torres et al. 2000). En ese sentido y teniendo en cuenta que el rendimiento de una especie está en función del número de plantas por superficie de suelo, estas diferencias pueden generar un elevado detrimento en la producción (Fourcaud et al., 2008; Restrepo, 2005).

Por otro lado, a menudo se ha indicado que la quinua es un cultivo rústico y que se puede producir en suelos pobres, mensaje que se ha mal interpretado, ocasionando que en la práctica no se realice fertilización, haciendo que dependa principalmente de los nutrientes aplicados en el cultivo anterior, que generalmente es papa (Tapia & Fries, 2012). En forma contrastante, debido a la falta de conocimiento de los requerimientos nutricionales del cultivo se pueden estar aplicando más fertilizantes de los necesarios afectando la producción, rentabilidad y ocasionando la contaminación de suelos y aguas (Zhao et al., 2006). Adicionalmente, el tratamiento poscosecha es una fase muy importante en la producción y comercialización de la quinua. Sin embargo, en Colombia la investigación en el secado, trillado y beneficio y almacenamiento del grano ha sido incipiente. Por lo tanto, se estima que en el cultivo de la quinua las pérdidas pueden alcanzar un 30% por una inadecuada poscosecha (Domínguez, 2003).

En consecuencia, a todo lo anteriormente mencionado, los cultivos que se tienen actualmente no cuentan las recomendaciones técnicas idóneas respaldadas por investigación nacional en temas básicos como: producción de semilla de buena calidad, densidad de siembra, fertilización, riego, control de mildeo (enfermedad más limitante), presencia de insectos y plagas, entre otros. Adicionalmente, el país no cuenta con material genético homogéneo y/o con variedades mejoradas, lo que limita los rendimientos y la producción de grano con características agronómicas competitivas en el mercado internacional, situaciones impiden el aprovechamiento integral y potencial del cultivo, por lo que aún no se identifica un esfuerzo por la tecnificación con énfasis de sostenibilidad. (Restrepo et al., 2005). Lo anterior indica que existe la presencia de una brecha tecnológica en el sistema productivo de la quinua en el departamento del Cauca y en general en Colombia, con relación a los principales países exportadores como Perú, Bolivia y Ecuador. Dicho rezago tecnológico impacta de manera negativa en los rendimientos y rentabilidad del sistema y ponen en riesgo el cultivo en el departamento. Las limitantes tecnológicas que originan esta brecha se relacionan con los siguientes aspectos.

1. Causa directa: Reducido número de variedades de quinua adaptadas a las diferentes zonas agroecológicas y productoras del departamento.

Descripción: El 90% de las 1.400 hectáreas sembradas en quinua en el departamento del Cauca no están establecidas con una variedad mejorada sino con materiales regionales, principalmente con el ecotipo "Blanca de Jericó" el cual presenta una alta heterogeneidad en términos de arquitectura de planta y calidad de grano.

1. Efecto directo: Materiales genéticos susceptibles a plagas y enfermedades, y alta vulnerabilidad a estrés abiótico

Descripción: Debido a la alta heterogeneidad y poca adaptabilidad de los materiales de siembra se tienen bajos rendimientos y desuniformidad en los granos en color y tamaño, los cultivos son susceptibles a plagas y enfermedades, tienen pérdidas de producción por baja sincronía en la floración, y poseen alta vulnerabilidad a estrés abiótico.

2. Causa directa: Déficit en la disponibilidad de recomendaciones de técnicas para el manejo integral y sostenible del cultivo.

Descripción: La mayor parte de las prácticas agronómicas en cuanto al manejo de plagas enfermedades, riego, nutrición y densidades de siembra se fundamentan en el conocimiento empírico de los agricultores o prácticas de otros países productores. Sin embargo, no se han realizado las investigaciones en cada zona agroecológica para poder generar recomendaciones tecnológicas específicas para una producción intensiva y sostenible en cada región productora.

2. Efecto directo: Inadecuado uso de suelos, agua e insumos agrícolas

Descripción: El inadecuado manejo del recurso suelo, agua e insumos agrícolas genera daños ambientales e incrementa los costos de producción, además genera pérdida de producción y calidad de cosechas debido a la alta incidencia de problemas fitosanitarios por desbalance hídrico y de nutrientes, y por erosión de suelos.

3. Causa directa: Escasa implementación de tecnologías para las labores de poscosecha del cultivo

Descripción: Las prácticas de pre-secado, secado, trilla, clasificación y beneficio del grano se realizan de modo artesanal y la mayor parte de la tecnología desarrollada en otros países no responde a las condiciones agroecológicas del departamento puesto que características como la humedad relativa y lluvias esporádicas, así como la germinación antes del tiempo de cosecha generan pérdidas por presencia de hongos y microorganismos que deterioran los granos durante el almacenamiento.

3. Efecto directo: Baja calidad de grano para exportación

Descripción: La deficiente calidad del grano que dificulta la comercialización y los procesos agroindustriales. De esta manera se pueden Perder oportunidades de comercialización en el mercado internacional.

4. Causa directa: Bajo número de productores y extensionistas agropecuarios con conocimientos específicos en prácticas agronómicas y poscosecha para el cultivo de la quinua.

Descripción: Teniendo en cuenta los bajos desarrollos tecnológicos en torno a la quinua en el departamento, la cobertura y calidad de trasferencia de tecnología a productores y extensionistas agropecuarios ha sido baja.

4. Efecto directo: Baja calidad en la transferencia tecnológica, mal manejo administrativo y técnico del cultivo.

Descripción: La baja calidad de la transferencia tecnológica dada en el departamento genera un ineficiente manejo del cultivo ocasionando altos costos de producción, baja rentabilidad, abandono del sistema productivo e inseguridad alimentaria.

5.3 Árbol de Problemas

Las limitantes tecnológicas identificadas a partir de la relación causa – efecto esquematizada en el árbol del problema (Fig. 4), dan cuenta de la problemática actual para el manejo productivo y sostenible del cultivo de quinua.

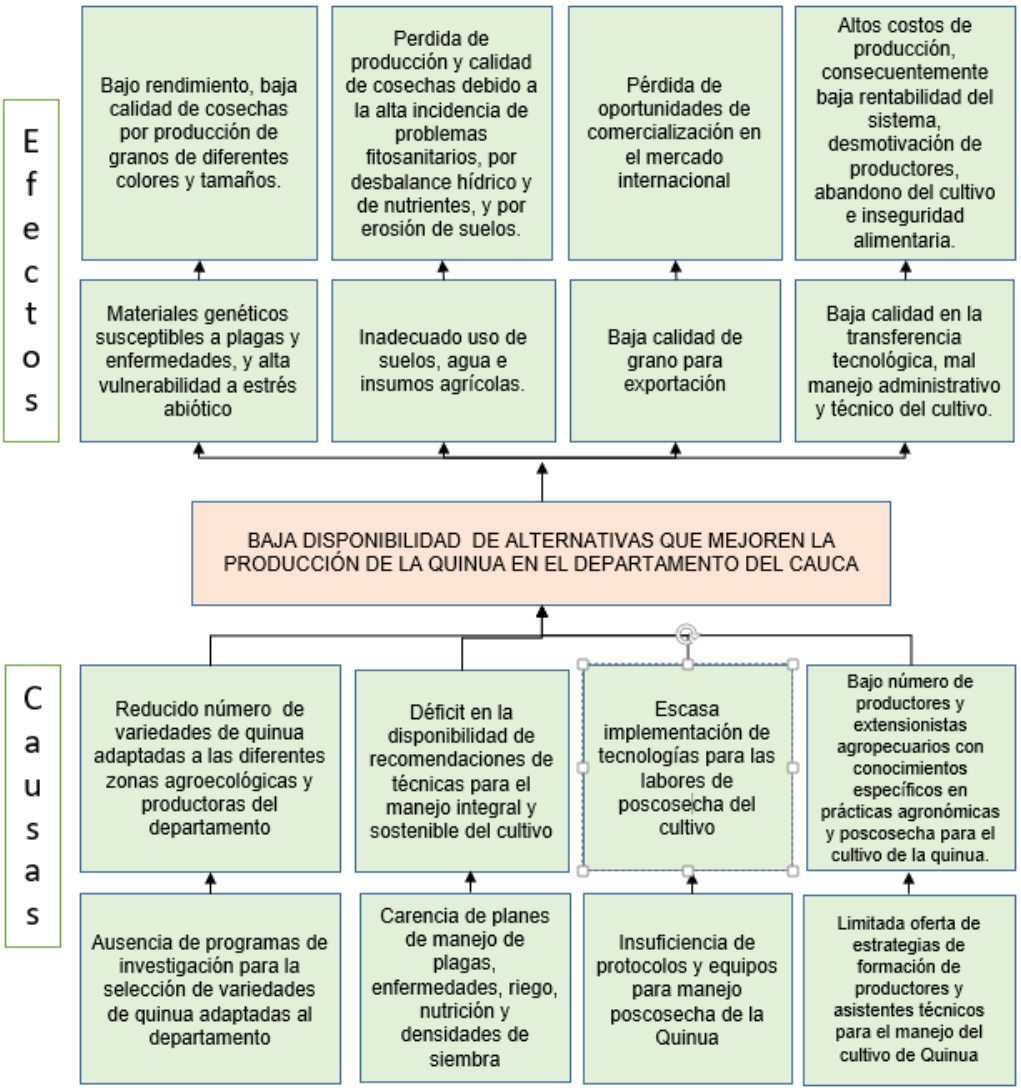


Figura 4. Árbol del problema

5.4 Magnitud actual del problema

Partiendo del problema central identificado como *"Baja disponibilidad de alternativas que mejoren la producción de la quinua en el departamento del Cauca"* y con base en los registros compartidos por la gobernación sobre los proyectos de fomento y desarrollo económico en quinua, se ha evidenciado las limitadas tecnologías que están a disposición del sistema productivo localmente y a partir de esta información se generaron los siguientes indicadores y se construyó la Tabla 3:

a. **Líneas promisorias para la obtención de variedades mejoradas:** La investigación en el mejoramiento genético de la quinua en Colombia ha sido escasa, en consecuencia, no existen oferta tecnológica disponible en cuanto a variedades mejoradas (cero) para las zonas productoras del departamento del Cauca. En la actualidad el país solo se cuenta con 1 (una) variedad en el Registro Nacional de Cultivares del ICA, la cual no ha tenido buena adaptabilidad en el Cauca y por lo tanto su uso es nulo, es decir el (0%) de los productores usan una variedad mejorada (www.ica.gov.co, Secretaría de agricultura, 2018). La inexistencia de una variedad mejorada trae como consecuencia problemas de índole productivo, como susceptibilidad a plagas enfermedades que repercuten en una baja calidad y producción de grano tal y como ocurre con el ecotipo regional "Blanca de Jericó (material no mejorado) usado en la actualidad.

b. **Manejo agronómico sostenible del cultivo:** Entre el 80% y el 90% de los productores no implementa buenas prácticas agronómicas debido a la deficiente disponibilidad de tecnologías en conocimientos específicos para el manejo agronómico sostenible del cultivo. Por lo tanto, no existen en la actualidad (cero) manuales cartillas u otras publicaciones técnico- científicas que soporten el manejo del cultivo en lo relacionado a plagas enfermedades, riego, nutrición, rotación, coberturas vegetales (abonos verdes) y densidades de siembra, lo que ha conducido a que se presenten bajos rendimientos, uso inadecuado de suelos, agua e insumos agrícolas que permitan aprovechar el potencial productivo de la quinua. Esto muestra que los bajos desarrollos tecnológicos en torno a un modelo de manejo agronómico del cultivo en el país está impidiendo producir aproximadamente 3 ton adicionales por hectárea (Tabla 3) (Apaza et al. 2013; Pando & Castellanos, 2016; Gobernación del Cauca, 2018).

c. **Manejo poscosecha del cultivo:** El 80% de los productores del departamento cuentan con solo 1 (un) implemento (trilladora) para una de las cuatro labores necesarias el manejo poscosecha (25% de la tecnología necesaria). A partir de una búsqueda inicial de información se encontró que en Colombia específicamente en el departamento del Cauca no se reporta el desarrollo de tecnologías suficientes para un adecuado proceso de secado, limpieza y selección de grano de quinua para las condiciones de humedad y temperatura características de cada zona productora y adaptada a las condiciones de los pequeños productores.

Adopción de tecnologías: En Colombia aún son incipientes los avances en adopción del manejo del cultivo estas áreas (plagas enfermedades, riego, nutrición, rotación, coberturas vegetales y densidades de siembra) y todavía no se ha generado un modelo agronómico del cultivo que permita ser transferido y vinculado a los productores. Es así como en la actualidad existe un reducido número de productores y extensionistas agropecuarios (menos de un 10% de la población total de cultivadores y extensionistas agropecuarios) con conocimientos específicos en las prácticas agronómicas y de poscosecha para el cultivo de la quinua

En Colombia, el departamento del Cauca es el mayor productor de Quinua respecto a los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Nariño (Tabla 3.; Figura 5), con una mayor área sembrada, pero presenta un nivel de rendimientos por hectárea por debajo, es decir que su mayor producción se debe a la extensión del área sembrada, contrastando con el departamento de Cundinamarca que presenta una menor área sembrada con

rendimientos por encima del promedio nacional (1,8 ton/ha). Esto se debe principalmente a la falta de tecnificación del cultivo evidenciado en los rendimientos más bajos respecto a los demás departamentos.

Tabla 3. Dinámica productiva de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Colombia. Elaboración R. Tarazona. Fuente: Agronet - Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA (2007-2018).

Dinámica de producción de Quinua en Colombia para 2018				
Departamento	Producción (ton/año)	Rendimiento (ton /ha)	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)
Boyacá	103	1,7	72	72
Cauca	722	1,1	560	560
Cundinamarca	201	7,2	28	28
Nariño	376	1,8	173	173

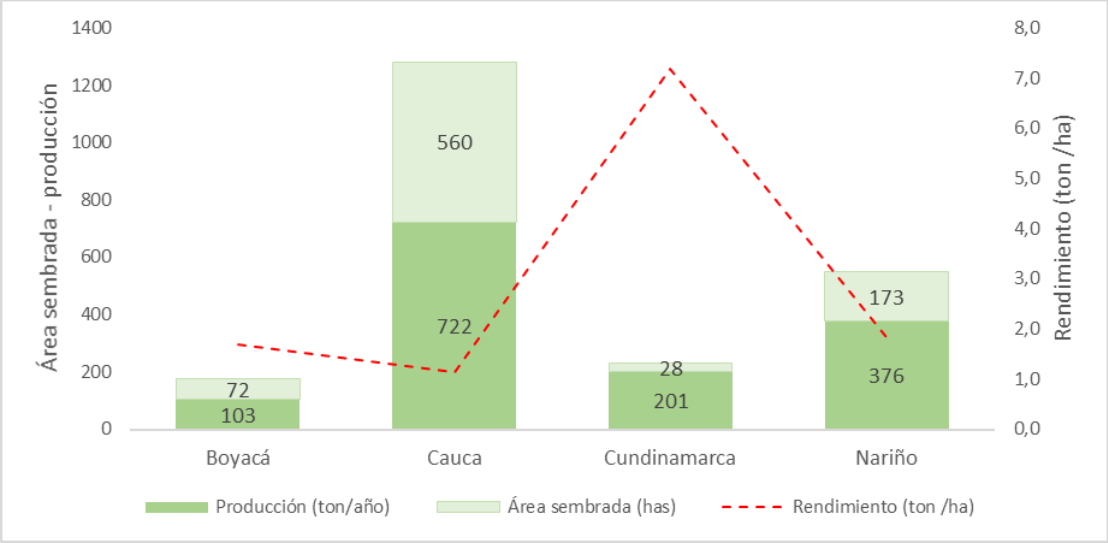


Figura 5. Dinámica productiva de la quinua en Colombia para el año 2018. Elaboración: R. Tarazona. Fuente: Agronet - Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA (2007-2018).

6. JUSTIFICACIÓN

La quinua se ha convertido en una actividad productiva nueva e importante en el departamento del Cauca, en la que actualmente 1.600 familias de 10 municipios del departamento genera ingresos de este cultivo con un ingreso anual de $ 6.000.000, en promedio $ 500.000 mensuales, ocupando solo un cuarto de tiempo, puesto que lo rustico de este pseudocereal hace que se requiera un manejo relativamente sencillo y un requerimiento bajo de agroinsumos, lo que lo hace ideal para las pequeños productores de las zonas altas del Cauca. Todo el proceso de fortalecimiento de la cadena realizado hasta la fecha en el departamento ha generado gran expectativa en los productores y agroindustrias del Cauca, pero también en la industria de alimentos a nivel nacional e internacional, sin embargo, como toda actividad productiva en nacimiento y consolidación, aún

requiere de apoyos en investigación que permitan dinamizar la cadena de valor, posicionarla para así garantizar su sostenibilidad.

Como la quinua es considerada un alimento funcional de un mercado especializado, el comprador no solo busca nutrición, también busca otros elementos como producción limpia, orgánica y responsabilidad social, entre otros aspectos y dado que la quinua apenas empieza su proceso de adopción por parte de los agricultores colombianos, por lo tanto el consumo de quinua actualmente es bajo teniendo a nivel nacional mayor demanda que oferta, esto hace que mucha de la quinua producida debe ser exportada, pero para lograr la adecuada comercialización el exterior se debe cumplir con los parámetros sanitarios de estos países, además de las exigencias de mercado antes mencionadas, es por esto que se requiere avanzar en procesos de investigación que contribuyan en su mejoramiento.

La quinua en el año 2013 fue catalogada por la FAO como uno de los alimentos más nutritivos a nivel mundial y uno de los más promisorios para la seguridad alimentaria y nutrición humana para el siglo XXI. Específicamente, el grano de quinua presenta alto contenido de proteína con un balance único de aminoácidos esenciales para el ser humano, llegando a ser uno de los alimentos seleccionados para los tripulantes de misiones espaciales de la NASA (Pando & Castellanos, 2016). Adicionalmente, la ausencia de gluten en los granos de quinua representa una ventaja competitiva en el mercado de los cereales (Chaparro et al., 2010). Económicamente la quinua, es una alternativa para aquellas personas que se dediquen al cultivo ya que pueden obtener ingresos monetarios directos por la venta del grano y del salvado, o indirectos por la utilización de subproductos para la alimentación animal (Higuera et al., 2011). En forma adicional, gracias a que es un cultivo de ciclo corto o semestral, con producción de dos cosechas al año en variedades precoces, se puede generar un alto flujo de caja al productor.

Agronómicamente, la quinua permite ser sembrada a pequeña escala por su baja inversión de establecimiento y el alto precio de venta del producto, además se puede asociar con otros cultivos de seguridad alimentaria (Higuera et al., 2011). Gracias a la gran versatilidad agronómica, amplia adaptabilidad, y ante el reto de incrementar la producción de alimentos de calidad para satisfacer las necesidades nutricionales de la población mundial en el contexto del cambio y variabilidad climática; esta especie se perfila como un cultivo clave para el fortalecimiento de economía campesina y familiar (Ruiz et al., 2014).

El cultivo de la quinua se considera ambientalmente sostenible porque se puede sembrar bajo un sistema de producción orgánica que lo hace atractivo a la vez que genera un valor agregado (Restrepo, 2005). Gracias a que las comunidades indígenas y campesinas han reconocido al grano como un cultivo autóctono que fue sembrado por sus ancestros desde época precolombina, esta condición ha facilitado el fomento del cultivo tanto en el departamento del Cauca, así como a nivel nacional. En términos sociales, el cultivo de la quinua posee una connotación territorial importante ya que ayuda a garantizar empleo, a la vez que ofrece ventajas a nivel de nutrición y seguridad alimentaria de las personas. De esta manera, se abordan varias problemáticas sociales que son fundamentales para avance en el proceso de reconciliación y postconflicto en una región que ha sido muy afectada por el conflicto armado.

Adicional a las anteriores bondades del sistema productivo de la quinua, uno de sus mayores atractivos está relacionado en el ámbito comercial y económico. Si se compara la quinua con otros productos agrícolas sembrados en el clima frio del departamento, como la cebolla, el maíz, el frijol, la papa, el fique entre otros, la

quinua es un producto que actualmente se exporta gracias a la creciente demanda a nivel internacional, lo cual ha permitido a los productores y demás eslabones de la cadena obtener mejores ingresos económicos, aspecto se ha vuelto llamativo para nuevos agricultores en la siembra de nuevas áreas. Y como se conoce, la garantía de un mercado es un aspecto fundamental para la sostenibilidad de cualquier renglón económico, por tal motivo su siembra y comercialización se ha vuelto tan importante en el Cauca.

A nivel de mercado, las exportaciones de quinua desde Suramérica han experimentado un fuerte y sostenido crecimiento en los últimos veinte años. En valores corrientes pasaron de 700 mil dólares en el año 1992 a 111 millones de dólares en 2012, lo que representa un incremento acumulativo anual de 28,8% (FAO & ALADI, 2014). Adicionalmente, se evidencia un progresivo aumento y en un proceso expansión de la demanda mundial, por parte de los principales importadores como EEUU (56%), Canadá (5%) y Europa 27%. (FAO & ALADI, 2012). Estas condiciones de mercado sugieren que actualmente existe un gran nicho de mercado para la quinua nacional respaldada por una alta demanda insatisfecha, con una dinámica en crecimiento. Según Jäguer (2015) la demanda por quinua se ha triplicado en los últimos 7 años, y aunque Perú es el mayor productor y Bolivia el mayor exportador, entre ambos no alcanzan a satisfacer el mercado mundial. Por lo tanto, en la actualidad Colombia cuenta con condiciones para aprovechar la oportunidad que ofrece el creciente consumo en tanto que se pueden dar dos y hasta tres cosechas al año" (Lewis, 2015).

Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia cuenta con un área sembrada de 2.550 hectáreas, cuya producción es de 4.781 toneladas al año. Además, con "El Plan Siembra" se tiene proyectado aumentar el área productiva de las diferentes cadenas en 1 millón de hectáreas para el 2020. Se estima con dicho plan para ese mismo año el país tendrá sembradas 10.000 hectáreas de quinua con una producción aproximada a las 20.000 toneladas en todo el país. Adicionalmente, se espera que se pueda beneficiar con empleo a cerca de 20.000 familias las cuales tendrán acceso a sistemas de producción diversificada y sostenible (MADR, 2016). Actualmente, el departamento del Cauca tiene una importante participación en producción a nivel nacional, produciendo en el 2015 alrededor de 1.000 toneladas de quinua, y la meta para el 2016 fue llegar a 5.000 toneladas ya que existen acuerdos comerciales con Alemania y Canadá (Lewis, 2015).

A pesar de que la quinua en Colombia no tiene una amplia representatividad a nivel de producción comparado con otros países de la región, el departamento del Cauca acogió la política nacional de seguridad alimentaria y nutricional, para lo cual estableció el Plan Departamental de Seguridad Alimentaria y Nutricional "Cauca sin Hambre 2009-2018", en el que la quinua es el eje central de esa política pública. Consecuente con esta estrategia para combatir la desnutrición en el departamento, el cual presenta los más altos índices en Colombia, las últimas administraciones regionales han potencializado el programa Panes, incentivando su consumo en las instituciones educativas (Barragán, 2014). Por tanto, la quinua se ha reconocido como un cultivo estratégico en la región para la seguridad y soberanía alimentara, además de ser una importante fuente de empleo e ingreso en la región(MADR, 2016)(Lewis, 2015).

Por otro lado, el departamento del Cauca ha sido una de las regiones más golpeadas por el conflicto armado en Colombia y cuenta con uno de los más altos índices de pobreza. Por tanto, se necesitan generar alternativas económicas sostenibles y sustentables para los habitantes del sector rural. Ya que, esta región también es conocida como una de las despensas agrícolas más importantes del país gracias a sus condiciones agroecológicas. Por lo anterior, la quinua es un cultivo que se perfila como una de las alternativas agrícolas más promisorias para el proceso del posconflicto en la región.

A pesar de la importancia del cultivo de la quinua en el departamento del Cauca, este necesita mejorar la competitividad y sostenibilidad de la producción para abastecer el mercado nacional e internacional. Por tanto, la investigación en la genética y fitomejoramiento, prácticas de manejo productivo y sostenible del cultivo y poscosecha; son fundamentales para el cierre de brechas tecnológicas con respecto a los países productores de quinua a nivel mundial. Si este sistema productivo no cuenta con respaldo científico, se tendría una alta probabilidad que desaparezca, así como ha pasado con el trigo o maíz de altura.

En ese contexto, el presente proyecto de investigación busca brindar una oferta tecnológica a futuro que sirva como soporte al proceso que se ha venido llevando a cabo en el departamento de manera que se logre mejorar la productividad del sistema, incrementando los rendimientos y calidad con nuevas variedades, mejor manejo del cultivo y prácticas más apropiadas de poscosecha.

6.1 Justificación para la Formación de Capital Humano

El PECTIA (2016) indica que, en cuanto a la transferencia de tecnología, asistencia técnica e innovación, todas las cadenas productivas identifican la necesidad de capacitar a los asistentes técnicos, contar con especialistas y mejorar los procesos de transferencia, adopción y seguimiento. Dentro del ejercicio de actualización de demandas que se realizó a través del PECTIA, la cadena identificó: la necesidad de desarrollar, ajustar, y validar, herramientas de extensión y asistencia técnica integral especializada, por sistemas productivos, que respondan a necesidades territoriales de los pequeños, medianos y grandes productores frente a la adopción y vinculación de tecnologías para el cambio técnico. Esta tarea permitiría apoyar el cierre de brechas existentes entre la oferta tecnológica y su adopción, y en la generación de estrategias de comunicación continua que permita impulsar la innovación tecnológica, ya que con ello se potencia la articulación de los entes ciencia y tecnología e innovación de la cadena. En el sistema productivo de quinua en el departamento del Cauca, el desarrollo tecnológico es deficiente, lo cual se refleja en los bajos rendimientos (1.8 t/ha), respecto al potencial comercial reportado para el cultivo, y la baja calidad de las cosechas, haciéndolos poco competitivos y sostenibles.

Por esta razón, se busca contribuir al cierre de la brecha tecnológica del sistema productivo de Quinua del departamento del Cauca, a través de investigación en mejoramiento genético, prácticas de manejo agronómico sostenibles y procesos de poscosecha", mediante el fortalecimiento de la producción de conocimiento y tecnología para el sistema productivo y fortalecer el capital humano de la región (productores, prestadores del servicio de extensión o asistencia técnica agropecuaria) a través de procesos de investigación participativa y trasferencia, y facilitar los procesos de aprendizaje y adopción de las tecnologías que se generen. Para su ejecución se utilizará la estrategia Corporativa de transferencia de tecnología basados en la "Guía para la planeación y desarrollo de actividades de transferencia de tecnología" (VC-G-08, Anexo 1).

De igual manera, el proyecto pretende contribuir a la formación de talento humano vinculado a la academia, con el fin de potencializar el conocimiento del cultivo de quinua, y labores de poscosecha en el departamento. Este fortalecimiento de capital humano se realizará con el aliado regional a través del apoyo en la formación de seis estudiantes de maestría y la participación permanente de 3 docentes de la Universidad del Cauca –

Facultad de Ciencias Agrarias, quienes apoyarán la dirección de las tesis y acompañarán el proceso de investigación.

7. INCERTIDUMBRE CIENTÍFICA A RESOLVER

7.1 Pregunta de Investigación

¿Cuáles son las alternativas de producción que mejorarán el cultivo de la quinua en el departamento del Cauca mediante investigación en mejoramiento genético, prácticas de manejo agronómico sostenibles, manejo de poscosecha y vinculación de tecnología?

El árbol de problemas expresa como problema central "Baja disponibilidad de alternativas que mejoren la producción de la quinua en el departamento del Cauca".

7.2 Hipótesis

Bajo el planteamiento de la anterior pregunta de Investigación se propone la siguiente hipótesis:

La adopción de las alternativas de producción basadas en mejoramiento genético, prácticas de manejo agronómico sostenibles, manejo de poscosecha y vinculación de tecnología mejorarán la producción de la quinua en el departamento del Cauca.

8. IDENTIFICACIÓN DE LA DEMANDA

En el 2016 Agrosavia (antes Corpoica) realizó una actividad de revisión y ajuste de agenda de Investigación, Desarrollo e Innovación para cadena productiva de la quinua en el departamento del Cauca contando con la participación de los principales actores de la región, con el objetivo de identificar y priorizar aquellas demandas o necesidades de investigación que tiene el sector (Tabla 4) (portal SIEMBRA). Esta información se constituyó como insumo fundamental del PECTIA (Plan estratégico de Ciencia, Tecnología e innovación del Sector Agropecuario) y se constituyó como el principal soporte y referente para definir los objetivos de investigación para el presente proyecto desde el cual se abordarán siete de nueve necesidades de investigación (Tabla 5).

Tabla 4. Priorización de demandas de investigación para la cadena de la quinua y consignadas en el PECTIA.

No.	Demandas	Criterios para la priorización						Total	Priorización
		Productividad	Conservación del medio ambiente	Modernización y transformación productiva	Mejoramiento de la calidad e inocuidad	Mercadeo y comercialización	Fortalecimiento de capacidades		
1	Modelo productivo para el cultivo de quinua adaptado a las caracteristicas especificas del departamento del Cauca	5	5	5	5	5	3	**28**	1
5	Investigación en infraestructura y equipos especializados para quinua para labores de poscosecha	5	4	5	5	5	4	**28**	1
12	Estrategias para fomentar el consumo del producto a nivel nacional.	4	2	5	5	5	5	**26**	2
2	Requerimiento hídrico de la Quinua	5	5	3	4	5	3	**25**	3
6	Investigación y evaluación en métodos alternativos de desaponificación.	4	4	5	5	5	2	**25**	3
4	Establecer un programa de manejo y control de plagas y enfermedades para el cultivo de quinua	5	5	3	5	4	2	**24**	4
10	Plan de manejo ambiental para integrado de la quinua	3	5	4	4	4	4	**24**	4
11	Modelo de transferencia de tecnologia a través de investigación participativa	3	3	5	3	5	5	**24**	4
3	Colecta y caracterización de variedades locales existente e introducción de nuevos materiales	5	3	4	5	4	2	**23**	5

Fuente: Tomado de http://www.siembra.gov.co

Tabla 5. Alineamiento de los objetivos de investigación con las demandas de la cadena

Objetivos	Demandas del PECTIA
1. Generar líneas promisorias que serán la base para la obtención de una nueva variedad de quinua para el departamento del Cauca.	Colecta y caracterización de variedades locales existente e introducción de nuevos materiales
2. Generar recomendaciones de técnicas para el manejo sostenible e integral del cultivo de la quinua.	Modelo productivo para el cultivo de quinua adaptado a las características específicas del departamento del Cauca
	Establecer un programa de manejo y control de plagas y enfermedades para el cultivo de quinua
	Requerimiento hídrico de la Quinua
3. Incrementar las tecnologías para las labores de poscosecha del cultivo de quinua.	Investigación en infraestructura y equipos especializados para quinua para labores de poscosecha
4. Implementar un plan de investigación participativa para vincular las alternativas de producción generadas.	Modelo de transferencia de tecnología a través de investigación participativa

9. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE PARTICIPANTES

9.1 Identificación de los participantes

Tabla 6. Identificación de participantes del proyecto

Actor	Entidad	Posición	Intereses o Expectativas	Contribución o Gestión
Departamental	Gobernación del Cauca	Cooperante	Promotor del desarrollo agropecuario del departamento, está interesado en apoyar proyectos orientados a generar criterios técnicos para el manejo del cultivo que mejoren rendimiento y calidad de las cosechas en beneficio de los productores y demás eslabones de la cadena.	Su contribución es de tipo financiero en la medida que aporta recursos provenientes del FCTeI necesarios para la implementación del proyecto.
Otro	Agrosavia	Cooperante	Desarrollar, validar y transferir tecnologías generadas a partir de procesos de investigación desarrollados por Agrosavia, para mejorar el nivel de tecnificación de los cultivos e incrementar la producción y calidad comercial del grano de quinua.	Realizar actividades de investigación para el proyecto para lograr el alcance de los productos que persigue el mismo.
Otro	Universidad del Cauca	Cooperante	Contribuir al desarrollo de la región a través de la investigación y el desarrollo de las capacidades locales	Contribuir en la realización de actividades de investigación del proyecto para lograr el alcance de los productos que persigue el mismo.
Otro	Productores	Beneficiario	Mejorar la calidad y productividad del grano de quinua a través del cambio técnico que brinde posibilidades para mejorar su competitividad en el mercado.	Participar en las actividades de investigación, aportar cierta área de sus fincas y mano de obra para realizar las actividades del establecimiento y mantenimiento de los ensayos de investigación.

Actor	Entidad	Posición	Intereses o Expectativas	Contribución o Gestión
Otro	Empresas transformadoras	Beneficiario	Obtener un grano como materia prima con mejores características físico-químicas que faciliten su procesamiento.	Participación en las actividades de investigación participativa
Otro	Población (etnias y campesinos)	Oponente	Cambios culturales (creencias) y posición socioeconómica por no inversión en cultivos lícitos por no compensación económica. No aceptar el enfoque de investigación participativa.	Falta de interés en la adopción de tecnologías para mejoramiento de la producción de la quinua (ampliación de la frontera agrícola).

9.2 Análisis de los participantes

La presente propuesta se ha construido a partir de las necesidades específicas del sector quinuero del departamento del Cauca y se ha expuesto en diferentes escenarios. A principios del 2016 se realizó una actividad con los principales actores de la cadena de la quinua (productores, transformadores, comercializadores, academia) para conocer sus necesidades y de esta forma identificar las demandas de investigación (Tabla 6). Otro de los propósitos de dicha actividad fue generar un proceso de relacionamiento que permitiera un trabajo articulado en las futuras actividades de ejecución del proyecto. A través de estos espacios se logró identificar las entidades que, por su trayectoria, presencia en el territorio y capacidades, podían constituirse como aliados estratégicos en la construcción y ejecución del proyecto.

La Gobernación del Cauca, a través de sus Secretarías de Desarrollo Económico y Competitividad; y Agricultura y Desarrollo Rural, se constituyen como participantes estratégicos del proyecto, quienes además de proporcionar una contribución es de tipo financiero en la medida que aporta recursos provenientes del FCTeI necesarios para la implementación del proyecto, permiten dar soporte a la iniciativa a través de la difusión de información de contexto del sector quinuero del departamento y facilitar la comunicación e interacción con las asociaciones y productores de este sistema productivo, lo cual contribuye a generar confianza en los territorios en los cuales se ejecutará el proyecto.

Por su parte, en lo referente a la capacidad técnica e idoneidad de La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA (antes Corpoica), como entidad propuesta para que lidere la ejecución del presente proyecto, se justifica por su fortaleza y reconocimiento a nivel regional y nacional, en cuanto a la generación de procesos y proyectos de investigación y desarrollo tecnológico pertinentes e incluyentes en las

cadenas priorizadas del sector agropecuario. AGROSAVIA, cuenta con infraestructura y espacios para investigación (laboratorios, casas de malla, viveros, lotes en campo) en sus 13 centros y 6 sedes regionales, además de un talento humano capacitado y formado a nivel de doctorado, maestría y profesional en las diferentes áreas del conocimiento. El proyecto contará con la participación de investigadores y profesionales de los Centros de investigación Palmira (Valle del Cauca), Tibaitatá (Cundinamarca) y Sede Popayán (Cauca). La responsabilidad de Agrosavia en la ejecución del proyecto se reflejará en el liderazgo que deberá asumir para lograr procesos de articulación y comunicación con los participantes del proyecto, que garanticen un adecuado desarrollo del mismo en los municipios en los cuales se desarrollen las actividades.

La Universidad del Cauca, a través de los programas Ingeniería Agropecuaria e Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias agropecuarias presenta la capacidad técnica e idoneidad para participar como aliado en el proyecto, mediante la integración al proyecto de tres (3) grupos de investigación: Grupo de investigación para el desarrollo rural TULL, Sistemas Integrados de producción agropecuaria, forestal y acuícola SISIMPRO y Nutrición Agropecuaria NUTRIFACA, los cuales cuentan con una importante trayectoria, destacándose su capacidad instalada en talento humano, equipos, infraestructura. Igualmente, a través de algunos de estos grupos de investigación ha ejecutado diferentes proyectos en el área con financiación de Colciencias, SGR, Ministerio de Agricultura, Gobernación del Cauca, Red CYTED, BID, entre otros. La responsabilidad de la Universidad del Cauca como entidad aliada, está encaminada a brindar soporte y acompañamiento técnico científico a los componentes de genética, riego, nutrición y poscosecha del proyecto, promoviendo el fortalecimiento del capital humano de la región a través de la integración de docentes y estudiantes en las diferentes actividades.

Los productores de quinua de los cuatro (4) municipios priorizados se constituyen como actores fundamentales del proyecto, teniendo en cuenta que son la base de la cadena. Su responsabilidad está relacionada con la participación en las actividades de investigación, el aporte de cierta área de sus fincas y mano de obra para realizar las actividades del establecimiento y mantenimiento de los ensayos de investigación.

El proyecto también pretende involucrar a la industria procesadora, quienes demandan unas calidades específicas de materia prima, por lo cual es fundamental involucrarlos en los diferentes componentes del proyecto y poder tener una retroalimentación permanente de sus necesidades en términos de procesamiento. Estos actores serán vinculados en las actividades de investigación participativa de cada uno de los componentes.

Teniendo en cuenta las capacidades técnicas y contribuciones de la Gobernación del Cauca, AGROSAVIA y Universidad del Cauca no se identificaron opositores en la construcción de la propuesta. En el momento de su ejecución, se pueden proyectar como posibles opositores los municipios o productores de quinua que no fueron incluidos en el proyecto como beneficiarios directos. Sin embargo, la idea de la selección de municipios fue justamente áreas claves dentro de la región productora del departamento, por tanto, el proyecto propenderá por la articulación de las demás entidades y actores vinculados al sistema productivo, generando un impacto positivo a la cadena departamental de la quinua en todo el departamento. Por ser un proyecto de investigación que pretende impactar un sector prioritario para pequeños productores del departamento, no se identifican actores perjudicados en la formulación y posterior ejecución del proyecto.

Durante la ejecución del proyecto, se realizarán reuniones (al menos 4 por año), con el fin de verificar el avance en la ejecución técnica y financiera, y se creará un comité técnico de seguimiento para verificar la eficiente ejecución del proyecto. La entidad territorial podrá brindar apoyo a la supervisión con el fin de acompañar el desarrollo óptimo en cada una de las actividades.

10. POBLACIÓN

10.1 Población Afectada por el Problema

El cultivo de la quinua para el departamento del Cauca; principalmente en las áreas priorizadas en el proyecto, constituyen una oportunidad de desarrollo rural y una alternativa económica para la población que generará e implantará la cadena productiva dentro de la economía regional, regional e internacional. 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, está sustituyendo cultivos de uso ilícito (entre otros, amapola) que solo han dejado pobreza, descomposición social y desplazamiento. En la actualidad el cultivo de quinua hace parte del paisaje local, pues después de la ola de violencia que tuvieron que vivir con el cultivo de amapola, aquel se ha vuelto una esperanza para volver a lo lícito, de cultivar una especie con buena aceptación en los mercados y muy nutritiva para su consumo (Guerrero, 2018).

Sin embargo, se podría analizar desde las diferentes esferas como la social, cultural, económica y ambiental donde se generaría algún tipo de transformación que es común cuando un producto esta al alza en demanda para el consumo tanto nacional como internacional. Tal como ha pasado con este cultivo en países como Bolivia donde ya se está observando los efectos negativos de la alta demanda, donde "*debido a la creciente demanda internacional y al incremento de precios en el mercado, se produjo la extensión de los cultivos en forma intensiva, disminuyendo los años de descanso entre cultivo*" (Medrano, 2009). (Ana Maria Medrano Echalar, 2009). Esto podría traducirse en la ampliación de la frontera agrícola afectando el uso de los bosques, el remplazo de otros cultivos de seguridad alimentaria y enfocando el cultivo de quinua solo para el área comercial, descuidando la calidad del producto para el consumo interno. Así mismo podría generar cambios en el ecosistema si este cultivo se convierte en monocultivo comercial y con manejos técnicos que sugieren aplicaciones de productos diferentes a los usados en el manejo agroecológico usual. También se debe tener en cuenta la coyuntura política social de la zona de cultivo que se enfoca en la parte alta del Cauca, donde si este sistema productivo entra en conflicto con los cultivos ilícitos, demandando mano de obra o espacio territorial con otros cultivos de mayor interés se podría generar un problema tanto social como una perdida para la implementación de las alternativas que se propondrían con el proyecto (Medrano, 2009; Guerrero, 2018).

Tabla 7. Población afectada por el problema

Total	Tipo	Fuente
2053 personas	Asociaciones de Productores y Productores Independientes. Municipios con producción de quinua: Almaguer, Bolívar, Caldono, Jambaló, La Vega, Puracé, Silvia, Sotará, Toribío, Totoró	Proyecto "*Consolidación de la actividad productiva de la quinua, mediante el fortalecimiento de la cadena productiva"*. Gobernación del Cauca, 2016
	Profesionales Prestadores del servicio de extensión o asistencia técnica agropecuaria.	
	Representantes legales de Empresas transformadoras y Comercializadoras de quinua regionales: Naturquinua, Seguridad Alimentaria de Occidente (SEGALCO), Sunlife, Ricuras Santi,	Proyecto: Ruta competitiva de la quinua. Cámara de comercio del Cauca, 2015

De acuerdo con el levantamiento de línea base que se desarrolló en el marco del proyecto "*Consolidación de la actividad productiva de la quinua, mediante el fortalecimiento de la cadena productiva"* la Gobernación del Cauca (2016) ejecutado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, se cuenta con un reporte de 2015 productores de 12 municipios del departamento del Cauca en donde se identifican comunidades campesinas e indígenas quienes parte de su seguridad alimentaria e ingresos dependen del cultivo de la quinua. De igual forma, en la ejecución del proyecto se promovió la formación de talento humano especializado en el sistema productivo de quinua, logrando la consolidación de la Organización PRODESIC (Fundación de profesionales para el desarrollo integral comunitario) registrando 20 profesionales vinculados de forma continua al proyecto.

A través del proyecto "Ruta competitiva de la quinua". Ejecutado por la Cámara de comercio del Cauca (2015) se identificó que existen cerca de 19 empresas con algún tipo de transformación relacionado con la quinua, de las cuales 7 cuentan con un mayor grado de especialización en torno a este cereal, quienes también se constituyen como parte de la población afectada (Tabla 7).

10.2 Población objetivo de intervención

Tabla 8. Población objetivo de intervención

Total	Tipo	Fuente
587	Asociaciones de Productores	

Total	Tipo	Fuente
	Profesionales prestadores del servicio de extensión o asistencia técnica agropecuaria.	Proyecto "*Consolidación de la actividad productiva de la quinua, mediante el fortalecimiento de la cadena productiva*". Gobernación del Cauca, 2016

Para la priorización de la población objetivo de intervención se tuvo en cuenta los resultados del proyecto "Apoyo a la consolidación de la cadena productiva de la quinua" ejecutado por la Gobernación del Cauca. Como resultado de dicho proyecto se evidenciaron criterios que fueron tenidos en cuenta en el momento de la priorización, la cual se llevó a cabo de forma consensuada con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento. Los criterios se mencionan a continuación:

- Municipios con mayores áreas establecidas en quinua en el departamento del Cauca: mayor a 100 ha.
- Nivel de asociatividad: al menos 1 asociación activa reconocida ante cámara de comercio del Cauca.
- Experiencia previa con cultivo de quinua y municipios considerados como referentes en el departamento.
- Localización estratégica y facilidad de acceso, lo cual favorecerá el desarrollo de las labores de transferencia de tecnología y la participación de municipios vecinos.
- Los cuatro municipios priorizados son reconocidos como núcleos de producción de quinua del departamento, por lo cual podrán irradiar en los demás municipios los resultados del proceso de investigación y constituirse como referentes a nivel departamental en

De igual manera se enfatizó en la importancia de especializar a los asistentes técnicos y extensionistas agropecuarios que han venido trabajando en el cultivo de la quinua en el departamento del Cauca.
Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, los municipios que se como población objetivo del presente proyecto, fueron las comunidades campesinas e indígenas productoras de quinua de los municipios de Silvia, Totoró, Bolívar y La Vega, y los asistentes técnicos, extensionistas agropecuarios y profesionales que han venido trabajando en el sistema productivo, quienes participarán en las actividades de investigación participativa y se beneficiarán por los resultados generados.
En consenso con la Secretaría de Agricultura y los municipios priorizados se definió el número de beneficiarios directos por municipio es el siguiente: Silvia: 123; Totoró: 67; Bolívar: 232; y La Vega: 145, y 20 profesionales que vienen especializándose en el cultivo de quinua, para un total de **587 personas** (Tabla 8).

Para la selección de los 587 beneficiarios, se tendrá en cuenta los siguientes criterios:

- Productores de quinua de los municipios de Silvia, Totoró, Bolívar y La Vega en el departamento del Cauca.
- Propietarios de al menos 2 hectáreas (ha) de tierra para establecer los cultivos de quinua.
- Demostrar la sana posesión del terreno donde se establecerá los cultivos de quinua.
- Que el terreno cuente con disponibilidad de riego.

Se aclara que en la población objetivo se dará prioridad a las asociaciones que existan a nivel municipal, con el ánimo de promover la sostenibilidad del proyecto y generar un mayor impacto en las comunidades, mas no se excluirán productores individuales que desarrollen actividades en este sistema productivo. De no cumplirse con este número de beneficiarios de estos cuatro municipios, se optará por incluir cultivadores de otros municipios del departamento. También se identifican posibles beneficiarios indirectos como investigadores, docentes, estudiantes universitarios, transformadores y cultivadores de quinua de municipios aledaños a los municipios donde se establecerán los experimentos. Ellos participarán de las actividades y estrategias para la entrega de la nueva variedad y del conocimiento generado para el manejo del cultivo y de las labores de poscosecha.

Requerimientos a nivel de predios

Para la valoración de la oferta biofísica de sistemas de producción de quinua para la identificación de nichos productivos y tecnología requerida en el desarrollo de cultivos de quinua en el Departamento del Cauca, en los 4 municipios del departamento priorizados en el proyecto, se realizará la compilación de información existente de producción y manejo del cultivo, que permitirá definir los tipos y características particulares de los sistemas de producción de quinua identificados a nivel de los municipios priorizados, mediante diagnóstico participativo en talleres y recorridos de campo con productores, prestadores del servicio de extensión o asistencia técnica agropecuaria y actores locales. Este ejercicio permitirá determinar también requerimientos físicos, ambientales, socioeconómicos, culturales y tecnológicos y actividades que permitan definir el nivel tecnológico local y alternativas de manejo sostenible del cultivo de acuerdo con las necesidades y condiciones de los productores y su territorio.

Para el establecimiento de los experimentos definidos en cada uno de los productos del presente proyecto, la selección de productores y de las fincas se basará en la existencia de un área representativa del cultivo (1 ha), que cuenten con un historial de manejo. Las principales condiciones que se requieren para la selección de las parcelas son: 1) Localización y facilidad de acceso al predio; 2) Liderazgo y reconocimiento del productor en la región. 3) Tenencia de la tierra (preferiblemente que sea propietario). Para formalizar el trabajo conjunto entre el investigador y el equipo de investigadores de Agrosavia se firmará un convenio entre las partes. La selección garantizará la cobertura total de los 4 municipios.

10.3 Características demográficas de la población objetivo

Tabla 9. Características demográficas de la población objetivo

Detalle	(No. Personas)	Fuente de Información
Edad (Etárea)		
0 a 14 años	0	Secretaria de agricultura del Cauca
15 a 19 años	5	Secretaria de agricultura del Cauca
20 a 59 años	542	Secretaria de agricultura del Cauca
Mayor de 60 años	40	Secretaria de agricultura del Cauca
Total	587	Secretaria de agricultura del Cauca
Grupos étnicos		
Población Indígena	398	Secretaria de agricultura del Cauca
Población Afrocolombiana	0	Secretaria de agricultura del Cauca
Población Raizal	0	Secretaria de agricultura del Cauca
Población ROM	0	Secretaria de agricultura del Cauca
Población Mestiza	189	Secretaria de agricultura del Cauca
Población Palenquera	0	Secretaria de agricultura del Cauca
Total	587	Secretaria de agricultura del Cauca
Género		
Masculino	378	Secretaria de agricultura del Cauca
Femenino	209	Secretaria de agricultura del Cauca
Total	587	Secretaria de agricultura del Cauca

11. OBJETIVOS DEL PROYECTO

11.1 Objetivo general

Aumentar la disponibilidad de alternativas que mejoren la producción de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el departamento del Cauca.

11.1.1 Indicadores para medir el objetivo general

Se proponen los siguientes indicadores (Tabla 10) para el fortalecimiento de la producción y tecnología para el sistema productivo de la quinua con el fin dar alcance al objetivo general propuesto:

Tabla 10. Indicadores para medir el cumplimiento del objetivo general

Nombre del Indicador	Indicador de resultado	Unidad de medida	Meta
Alternativas de producción del cultivo de quinua en el departamento del Cauca.	Numero de alternativas adaptadas por los productores para mejorar la producción del cultivo de quinua / Numero de alternativas propuestas a los productores para mejorar la producción del cultivo de quinua x100	Porcentaje (%) (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto)	33%
Agricultores beneficiados con alternativas que mejoren la producción de la quinua en el departamento del cauca.	Población objetivo de intervención / Población Afectada por el Problema x100	Porcentaje (%) (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto)	28%

Tabla 11.Indicadores para medir el cumplimiento de los objetivos específicos

Nombre Indicador	Indicador de Producto	Unidad de medida	Meta
Generar líneas promisorias que serán la base para la obtención de una nueva variedad de quinua para el departamento del Cauca.	Artículo de investigación tipo B sobre la caracterización morfoagronómica de genotipos de quinua (Chenopodium spp) en el departamento del Cauca.	Número de artículos (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto) Tipo de fuente. Informe	1
	Capítulo de libro resultado de la investigación sobre los requerimientos la caracterización morfoagronómica de genotipos de quinua (Chenopodium spp) en el departamento del Cauca.	Número de capítulos (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto) Tipo de fuente. Informe	1
Generar recomendaciones de técnicas para el manejo sostenible e integral del cultivo de la quinua	-Capítulo de libro resultado de la investigación sobre los requerimientos nutricionales, utilización de coberturas vegetales y mitigación de GEI en el cultivo de quinua en el departamento del Cauca	Número de capítulos (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto) Tipo de fuente. Informe	5
	Capítulo de libro resultado de la investigación sobre la validación de los requerimientos nutricionales y		

Nombre Indicador	Indicador de Producto	Unidad de medida	Meta
	densidades de siembra del cultivo de quinua en el departamento del Cauca.		
	Capítulo de libro resultado de la investigación sobre el requerimiento hídrico del cultivo de quinua en el departamento del Cauca.		
	Capítulo de libro resultado de la investigación sobre la caracterización y manejo de los problemas entomológicos del cultivo de quinua en el departamento del Cauca.		
	Capítulo de libro resultado de la investigación con la caracterización y/o descripción del comportamiento de las enfermedades y plagas que afectan el cultivo.		
	Un (1) Artículo de investigación tipo B sobre la validación de los requerimientos nutricionales, densidades de siembra, coberturas vegetales y mitigación de GEI del cultivo de quinua en el departamento del Cauca.	Número de artículos (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto) Tipo de fuente. Informe	2
	Un (1) Artículo de investigación tipo B sobre la caracterización, manejo y/o descripción del comportamiento de las enfermedades y plagas que afectan el cultivo de quinua en el departamento del Cauca.		
Incrementar las tecnologías para las labores de poscosecha del cultivo de la quinua	Equipos y/o máquinas de poscosecha uno para secado, uno para trillado y uno para limpieza ajustados, construidos y evaluados para el cultivo de quinua en el departamento del Cauca	Número de obras y/o productos de investigación, creación en artes, arquitectura y diseño (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto) Tipo de fuente. Informe	3
	Capítulo de libro resultado de la investigación sobre alternativas tecnológicas para los procesos de poscosecha del cultivo de quinua en el Departamento del Cauca.	Número de capítulos (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto) Tipo de fuente. Informe	1
	Artículo de investigación tipo B sobre alternativas tecnológicas para los procesos de poscosecha del cultivo de quinua en el Departamento del Cauca. .	Número de artículos (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto) Tipo de fuente. Informe	1

Nombre Indicador	Indicador de Producto	Unidad de medida	Meta
Implementar un plan de investigación participativa para vincular las alternativas de producción generadas.	Documento de planeación de CTeI, que contenga: -Un capítulo de las características técnicas y socioeconómicas de los sistemas de producción de quinua en el departamento del Cauca por municipio -Un capítulo con un estudio económico comparativo entre las actuales y nuevas recomendaciones tecnológicas -Un capítulo con los resultados de los eventos de formación. 567 personas capacitadas en eventos de investigación participativa y vinculación de resultados (seminarios, días de campo, demostración de método	Número de documentos (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto) Tipo de fuente. Informe	1

Fuente: Elaboración de los autores

11.2 Árbol de objetivos

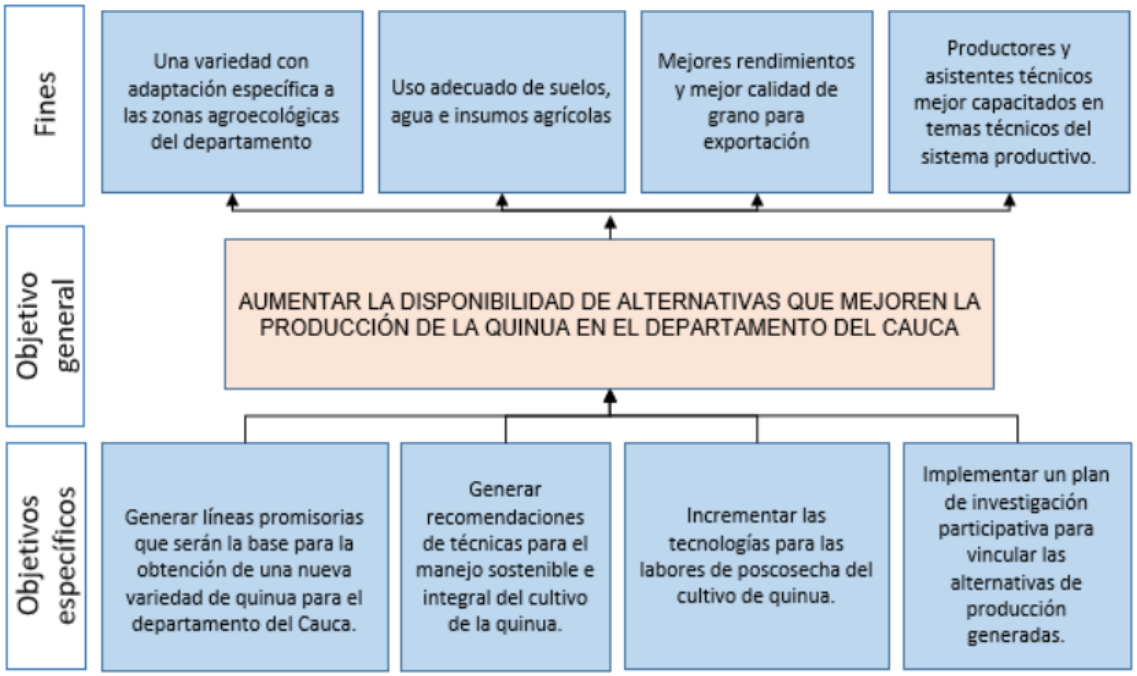


Figura 6. Árbol de objetivos identificado para la producción de quinua en el departamento del Cauca.

11.3 Objetivos específicos

1. Generar líneas promisorias que serán la base para la obtención de una nueva variedad de quinua para el departamento del Cauca.
2. Generar recomendaciones de técnicas para el manejo sostenible e integral del cultivo de quinua
3. Incrementar las tecnologías para las labores de poscosecha del cultivo de quinua
4. Implementar un plan de investigación participativa para vincular las alternativas de producción generadas.

12. ESTRUCTURA DE CADENA DE VALOR DEL PROYECTO

En la Tabla 12, se presenta la estructura de cadena de valor del proyecto en la cual se muestran los objetivos específicos, productos, actividades a realizar por producto, el indicador a través del cual se mide el producto, la meta propuesta y se detallan cada uno de los entregables del proyecto.

Tabla 12. Estructura de la cadena de valor del proyecto

Objetivo específico del proyecto	Producto del proyecto	Actividades	Indicador de producto (Cod. MGAweb)	Meta	Entregable	Justificación de Homologación Producto Proyecto Vs Producto MGA
OBJETIVO ESPECÍFICO 1. Generar líneas promisorias que serán la base para la obtención de una nueva variedad de quinua para el departamento del Cauca.	PRODUCTO 1. Germoplasma mejorado que contribuya a la formación de variedades e híbridos de quinua del Departamento del Cauca (PRODUCTO MGA-WEB. ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN).	ACTIVIDAD 1. Establecimiento de genotipos de quinua en campo ACTIVIDAD 2. Caracterización y generación de líneas promisorias de Quinua por el método de Selección Panoja-surco ACTIVIDAD 3. Evaluación de líneas promisorias en cuatro localidades	Artículos de investigación A1, A2, B y C sobre total de producción de productos resultado de generación de nuevo conocimiento.	1 (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto) Medido a través de: Número de artículos	Un (1) Artículo de investigación tipo B sobre la caracterización morfoagronómica de genotipos de quinua (Chenopodium spp) en el Departamento del Cauca.	Se homologa a Artículos de investigación porque los resultados son susceptibles a ser publicados en una revista indexada.
			Libros y/o capítulos de libros resultados de investigación	1 (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto) Medido a través de: Número de capítulos	Un (1) capítulo de libro resultado de la investigación sobre los requerimientos la caracterización morfoagronómica de genotipos de quinua (Chenopodium spp) en el Departamento del Cauca.	La homologación se debe a que se obtienen documentos originales e inéditos sobre los requerimientos de genotipos de la quinua.
OBJETIVO ESPECÍFICO 2. Generar recomendaciones de técnicas para el manejo sostenible e	PRODUCTO 2. Recomendaciones de prácticas agronómicas sostenibles para el manejo del cultivo de la quinua.	ACTIVIDAD 4. Estudiar los requerimientos nutricionales, utilización de coberturas vegetales y mitigación de GEI	Libros y/o capítulos de libros resultados de investigación	5 (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto)	- Un (1) capítulo de libro resultado de la investigación sobre los requerimientos nutricionales, utilización de coberturas vegetales y mitigación de GEI en el cultivo de quinua en el departamento del Cauca.	La homologación se debe a que se obtienen documentos originales e inéditos sobre el manejo agronómico de la quinua que están acordes con los planes de desarrollo.

Objetivo específico del proyecto	Producto del proyecto	Actividades	Indicador de producto (Cod. MGAweb)	Meta	Entregable	Justificación de Homologación Producto Proyecto Vs Producto MGA
integral del cultivo de la quinua	(PRODUCTO MGA-WEB. DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN).	ACTIVIDAD 5. Validación de los requerimientos nutricionales y densidades de siembra del cultivo de quinua ACTIVIDAD 6. Determinar requerimiento hídrico del cultivo ACTIVIDAD 7. Caracterizar y manejar los problemas entomológicos ACTIVIDAD 8. Caracterizar los problemas de enfermedades del cultivo		Medido a través de: Número de libros y/o capítulos	- Un (1) capítulo de libro resultado de la investigación sobre la validación de los requerimientos nutricionales y densidades de siembra del cultivo de quinua en el departamento del Cauca. - Un (1) capítulo de libro resultado de la investigación sobre el requerimiento hídrico del cultivo de quinua en el departamento del Cauca. - Un (1) capítulo de libro resultado de la investigación sobre la caracterización y manejo de los problemas entomológicos del cultivo de quinua en el departamento del Cauca. - Un (1) capítulo de libro resultado de la investigación con la caracterización y/o descripción del comportamiento de las enfermedades y plagas que afectan el cultivo en el departamento del Cauca.	
			Artículos de investigación A1, A2, B y C sobre total de producción de	2 (para cumplirse en su totalidad en el último año de	- Un (1) Artículo de investigación tipo B sobre la validación de los requerimientos nutricionales, densidades de siembra,	Se homologa a Artículos de investigación porque los resultados son susceptibles a ser publicados en una revista indexada.

Objetivo específico del proyecto	Producto del proyecto	Actividades	Indicador de producto (Cod. MGAweb)	Meta	Entregable	Justificación de Homologación Producto Proyecto Vs Producto MGA
			productos resultado de generación de nuevo conocimiento.	ejecución del proyecto) Medido a través de: Número de artículos	coberturas vegetales y mitigación de GEI del cultivo de quinua en el departamento del Cauca. - Un (1) Artículo de investigación tipo B sobre la caracterización, manejo y/o descripción del comportamiento de las enfermedades y plagas que afectan el cultivo de quinua en el departamento del Cauca.	
OBJETIVO ESPECÍFICO 3. Incrementar las tecnologías para las labores de poscosecha del cultivo de la quinua.	PRODUCTO 3. Tecnologías de poscosecha validadas para los productores de quinua. (PRODUCTO MGA-WEB. PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN EN ARTES, ARQUITECTURA Y DISEÑO)	ACTIVIDAD 9. Efectuar la caracterización tecnológica de labores de poscosecha en quinua ACTIVIDAD 10. Ajustar y validar alternativas tecnológicas para los procesos de poscosecha	Obras y/o productos de investigación, creación en artes, arquitectura y diseño que cumplen con los requerimientos mínimos de calidad exigidos por Colciencias	3 (para cumplirse en su totalidad el último año de ejecución del proyecto) Medido a través de: Número de obras y/o productos de investigación, creación en artes, arquitectura y diseño	- Tres (3) equipos y/o máquinas de poscosecha uno para secado, uno para trillado y uno para limpieza ajustados, construidos y evaluados para el cultivo de quinua en el departamento del Cauca.	Se justifica la homologación porque se construirán, ajustaran y validaran 3 tecnologías poscosecha para lograr el objetivo de incrementar las tecnologías para las labores de poscosecha en la producción de quinua al igual que la evaluación de nuevas estrategias que permitan mejorar indicadores departamentales de productividad de la cadena de la quinua en el Cauca.
			Artículos de investigación A1,	1	Un (1) Artículo de investigación tipo B sobre alternativas	Se homologa a Artículos de investigación porque los

Objetivo específico del proyecto	Producto del proyecto	Actividades	Indicador de producto (Cod. MGAweb)	Meta	Entregable	Justificación de Homologación Producto Proyecto Vs Producto MGA
			A2, B y C sobre total de producción de productos resultado de generación de nuevo conocimiento.	(para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto) Medido a través de: Número de artículos	tecnológicas para los procesos de poscosecha del cultivo de quinua en el departamento del Cauca.	resultados son susceptibles a ser publicados en una revista indexada.
			Libros y/o capítulos de libros resultados de investigación	1 (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto) Medido a través de: Número de capítulos	- Un (1) capítulo de libro resultado de la investigación sobre alternativas tecnológicas para los procesos de poscosecha del cultivo de quinua en el departamento del Cauca.	La homologación se debe a que se obtienen documentos originales e inéditos sobre las alternativas tecnológicas para los procesos de poscosecha de la quinua que están acordes con los planes de desarrollo.
OBJETIVO ESPECÍFICO 4. Implementar un plan de investigación participativa para vincular las alternativas de producción generadas.	PRODUCTO 4. Plan de investigación participativa implementado para los productores de quinua en el departamento del Cauca. (PRODUCTO MGA-WEB: DOCUMENTOS DE PLANEACIÓN).	ACTIVIDAD 11. Determinar las características de los sistemas de producción de quinua y evaluación económica ex-ante de las tecnologías desarrolladas en el proyecto	Documentos de planeación de CTeI elaborados	1 (para cumplirse en su totalidad en el último año de ejecución del proyecto) Medido a través de: Número de documentos	Un (1) Documento de planeación de CTeI, que contenga: -Un capítulo de las características técnicas y socioeconómicas de los sistemas de producción de quinua en el departamento del Cauca por municipio	Se homologa con este producto de la MGA porque incluye el proceso de determinación socio-económica de la cadena de quinua, así como actividades de investigación participativa y desarrollo tecnológico a través de parcelas demostrativas, días de campo y taller con agricultores por municipio.

Objetivo específico del proyecto	Producto del proyecto	Actividades	Indicador de producto (Cod. MGAweb)	Meta	Entregable	Justificación de Homologación Producto Proyecto Vs Producto MGA
		ACTIVIDAD 12. Estrategia de investigación participativa, vinculación, capacitación y socialización de resultados			-Un capítulo con un estudio económico comparativo entre las actuales y nuevas recomendaciones tecnológicas -Un capítulo con los resultados de los eventos de formación. 567 personas capacitadas en eventos de investigación participativa y vinculación de resultados (seminarios, días de campo, demostración de método)	
		ACTIVIDAD 13. Ejecutar los gastos de administración para el acompañamiento de todas las actividades del proyecto.	Esta actividad es transversal a todos los objetivos del proyecto.			
		ACTIVIDAD 14. Interventoría para el acompañamiento de todas las actividades del proyecto.	Esta actividad es transversal a todos los objetivos del proyecto.			

Fuente: Elaboración de los autores

13. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

La Tabla 13 presenta las alternativas de solución planteadas por la presente propuesta de investigación. Estas alternativas se desarrollan en la fase de factibilidad (Fase III).

Tabla 13. Alternativas de soluciones planteadas

Alternativa de Solución	Objetivo	Actividades
Alternativa de solución 1: Generación de espacios para el desarrollo tecnológico que mejoren la disponibilidad de ofertas tecnológicas para el sistema productivo de quinua.	Promover semilleros de Investigación con agricultores para la generación de nuevo conocimiento en torno a la quinua.	• Llevar a cabo capacitaciones para el fortalecimiento de habilidades de investigación en las comunidades productoras. • Dotar con equipos y herramientas a las comunidades para que puedan desarrollar innovaciones con la quinua y sus subproductos. • Trabajar con semillas autóctonas de los productores sin hacer mejoramiento genético.
	Desarrollar estrategias para la difusión de conocimientos disponibles en relación al sistema productivo de la quinua	• Realizar Capacitaciones en torno producción orgánica del cultivo. • Realizar ensayos de control biológico de plagas • Ejecutar actividades para la apropiación social del conocimiento a partir de las potencialidades de la quinua para su transformación y agregación de valor • Invitar a expertos internacionales de quinua para la divulgación de tecnologías poscosecha presentes en otros países
	Promover el consumo de la quinua	• Realizar visitas técnicas a países productores de quinua para conocer estrategias exitosas de marketing • Recuperar recetas ancestrales de la quinua para promover su consumo a nivel regional y nacional. • Generar el diseño y puesta en marcha centros de transformación en cada zona productora.
Alternativa de solución 2: Desarrollo de nuevas recomendaciones tecnológicas para contribuir con la	Generar líneas promisorias que serán la base para la obtención de una nueva variedad de quinua para el departamento del Cauca.	• Establecimiento de genotipos de quinua en campo • Caracterización y generación de líneas promisorias de Quinua por el método de Selección Panoja-surco • Evaluación de líneas promisorias en cuatro localidades

Alternativa de Solución	Objetivo	Actividades
competitividad y sostenibilidad del sector quinuero del departamento del cauca	Generar recomendaciones de técnicas para el manejo sostenible e integral del cultivo de Quinua	• Estudiar los requerimientos nutricionales, utilización de coberturas vegetales y mitigación de GEI • Validación de los requerimientos nutricionales y densidades de siembra del cultivo de quinua • Determinar requerimiento hídrico del cultivo • Caracterizar y manejar los problemas entomológicos • Caracterizar los problemas de enfermedades del cultivo
	Incrementar las tecnologías para las labores de poscosecha del cultivo de quinua.	• Efectuar la caracterización tecnológica de labores de poscosecha en quinua • Ajustar y validar alternativas tecnológicas para los procesos de poscosecha.
	Implementar un plan de investigación participativa para vincular las alternativas de producción generadas.	• Determinar las características de los sistemas de producción de quinua y evaluación económica ex-ante de las tecnologías desarrolladas en el proyecto. • Estrategia de investigación participativa, vinculación, capacitación y socialización de resultados

Fuente: Elaboración de los autores

En la alternativa de solución número 1: "Generación de espacios para el desarrollo tecnológico que mejoren la disponibilidad de ofertas tecnológicas para el sistema productivo de quinua" existen algunos aspectos importantes a resaltar dentro de las acciones de intervención catalogadas como no viables, entre las cuales se puede mencionar:

a) Promover semilleros de Investigación con agricultores para la generación de nuevo conocimiento en torno a la quinua es una interesante acción para concentrar los procesos de investigación del cultivo desde donde surgen las necesidades. Sin embargo, esta alternativa no es viable en el actual contexto donde la cadena está iniciando su proceso de establecimiento y por la elevada dedicación de tiempo que deberían tener los agricultores, teniendo en cuenta que ellos tienen muchas otras responsabilidades que atender en su diario vivir de mayor prioridad que la investigación. Por lo tanto, dotarlos de materiales y equipos para que ellos hagan por sí mismos investigación seria poco sostenible en el tiempo. Así mismo el trabajar con semillas autóctonas sin mejoramiento pondría en riesgo a la cadena ya que por su alta variabilidad no se garantizaría la calidad del gano la cual exige el mercado interno e internacional.

b) al desarrollar estrategias para la difusión de conocimientos disponibles en relación al sistema productivo de la quinua,

Por otro lado, la Cadena de la quinua en el departamento del Cauca ha definido que una de las mayores necesidades es la difusión del conocimiento, sin embargo, unos de las mayores limitantes están asociado a que en el país no se han validado tecnologías realizadas en otras latitudes por lo tanto la capacitación en diferentes temas como producción orgánica, control de plagas y enfermedades, fertilización, riego entre otros sería poco efectiva a la hora de implementar estas labores agronómicas. En este sentido, invitar expertos internacionales en un programa de capacitación continua en manejo de poscosecha no se considera una alternativa de solución para aumentar la productividad, dado que se requiere en primera instancia el desarrollo de tecnologías propias bajo las condiciones de alta humedad y precipitación del departamento. Así mismo ejecutar actividades para la apropiación social del conocimiento a partir de las potencialidades de la quinua para su transformación y agregación de valor no tendría mayor impacto pues existen instituciones públicas y privadas que se han especializado en el desarrollo de productos a base de quinua, y la cadena ha definido que las problemáticas más importantes están en el sector primario de producción.

c) Promover el consumo de la quinua es una actividad importante para garantizar la sostenibilidad en un mercado tan competitivo como es el de los alimentos funcionales. Sin embargo, esta es una labor propia que debe hacer la cadena y el gremio de la mano de otras instituciones públicas como cámara de comercio para definir estrategias de mercadeo y marketing, así como recuperar recetas ancestrales para fomentar el consumo de los mismos productores de manera que se contribuya a garantizar la seguridad alimentaria.

Por el método de la evaluación multicriterio se determinó la “Alternativa Seleccionada” para cada objetivo específico, para dicha selección se tuvieron en cuenta criterios técnicos, pertinencia, tiempo de realización, adelantos científicos accesibles, optimización de los recursos, de esta manera se pudo consolidar las alternativas seleccionadas.

13.1 Descripción de la alternativa seleccionada

Evaluación Económica

En la Tabla 14, presenta las principales variables asociadas a los resultados de evaluación económica para el proyecto.

Tabla 14. Evaluación Económica

	Indicadores de Rentabilidad			Indicadores de Costo Eficiencia	Indicadores de Costo Mínimo	
Alternativa de Solución	**Valor Presente Neto (VPN)**	**Tasa Interna de Retorno (TIR)**	**Relación Beneficio Costo (BC)**	**Costo por beneficiario**	**Valor Presente de los Costos**	**Costo Anual Equivalente (CAE)**
Desarrollo de nuevas recomendaciones tecnológicas para contribuir con la competitividad y sostenibilidad del sector quinuero del departamento del Cauca	$ 4.643.855.598,54	30,94%	1,76	$ 10.451.271,39	$ 6.134.896.307,24	$ 782.096.818,13

Fuente: MGA del proyecto

La alternativa seleccionada fue aquella que tuvo mayor viabilidad técnica y económica bajo el método de selección de rentabilidad en cada uno de los objetivos, la cual se desarrollará a partir de investigación aplicada y que se enmarcan bajo el presente proyecto de investigación denominado: "Desarrollo de nuevas recomendaciones tecnológicas para contribuir con la competitividad y sostenibilidad del sector quinuero del departamento del Cauca".

El presente proyecto plantea el desarrollo de nuevas alternativas de producción del cultivo de quinua, con amplios soportes metodológicos basados en el método científico, para el mejoramiento genético, manejo agronómico y poscosecha encaminadas a mejorar el bajo nivel de tecnificación de los cultivos, que afectan el rendimiento y calidad comercial de la quinua. Esto se logrará mediante el desarrollo de los siguientes productos:

El primero consiste en un esquema de mejoramiento genético que tiene como objetivo seleccionar dentro del material genético nacional e introducido, aquellos cultivares promisorios que presenten uniformidad varietal, con atributos agronómicos deseables en cuanto a calidad de grano, producción, precocidad, resistencia o tolerancia a las mayores limitantes bióticas y adaptabilidad a las condiciones agroecológicas del departamento. El segundo enfoque está dirigido al desarrollo de un modelo productivo, en el cual se busca evaluar prácticas agronómicas básicas de densidades de siembra, nutrición, riego y manejo fitosanitario que permitan ser incorporadas al nuevo cultivar de quinua. El tercer componente está enfocado al desarrollo de tecnologías poscosecha necesaria para contribuir en la calidad de la quinua, como materia prima para futuras

transformaciones. Y el último enfoque consiste en la implementación de acciones de validación y vinculación de las alternativas de producción generadas en el presente proyecto.

14. METODOLOGÍA

OBJETIVO ESPECÍFICO 1. Generar líneas promisorias que serán la base para la obtención de una nueva variedad de quinua para el departamento del Cauca.

14.1 PRODUCTO 1. Germoplasma mejorado que contribuya a la formación de variedades e híbridos de quinua en el Departamento del Cauca **(PRODUCTO MGA-WEB. ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN).**

14.1.1 Actividad 1. Establecimiento de genotipos de quinua en campo

Se evaluarán genotipos de quinua utilizados por los agricultores de la región previo a un diagnóstico socioeconómico de la zona de estudio y se incluirán 18 materiales avanzados (F8) del profesor Benjamín Zañudo (asesor del proyecto) provenientes del cruzamiento (Aurora × Tunkahuan) y dos testigos comerciales adaptados a las condiciones locales. Estas líneas se caracterizan por sus características agronómicas deseables, como alto rendimiento y productividad, altura de la panoja, bajo contenido de saponina en el grano y precosidad. Los genotipos de quinua se establecerán en campo teniendo en cuenta las distancias de siembra empleadas por los agricultores de la región, y serán sembrados en una de las cuatro localidades contempladas en el presente trabajo de investigación. Se utilizará un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental estará constituida por una planta. Se evaluarán 10 plantas por cada genotipo.

14.1.2 Actividad 2. Caracterización y generación de líneas promisorias de Quinua por el método de Selección Panoja-surco y Caracterización morfoagronómica

La caracterización del germoplasma de quinua se realizará mediante el uso de descriptores cualitativos y cuantitativos, como los que se describen en las tablas 15, 16 y 17.

Tabla 15. Variables para la evaluación fenológica del cultivo.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Días a emergencia	Días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan emergido
Días a formación de primeras 2 hojas verdaderas	Días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan formado las dos primeras hojas verdaderas
Días a primera ramificación del tallo principal	Días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas inicien la ramificación del tallo principal.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Días a botón floral	Días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan formado el botón floral.
Días a inicio de panojamiento	Días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas estén iniciando la formación de la panoja
Días a panojas completamente desarrolladas	Días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan alcanzado formado completamente la panoja
Días a floración	Días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan alcanzado el 100% de la floración
Días a grano lechoso	Días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presenten granos que liberen liquido blanquecino cuando se someten a presión.
Días a grano pastoso	Días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan alcanzado una apariencia de grano pastoso.
Días a maduración fisiológica	Días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presenten granos aptos para ser cosechados

Evaluación agronómica:

Tabla 16. Variables para la evaluación agronómica

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	EQUIPO DE REQUERIDO
Altura de la planta	Altura (cm) desde el cuello de la raíz hasta el ápice del tallo	
Diámetro del tallo	Diámetro del tallo (cm) en el cuello de 57iogaiz en dos orientaciones N-S y E-O	Pie de rey
Área foliar	Área (cm2) de una muestra de 5 hojas por planta de 10 plantas seleccionadas al azar	Medidor de área foliar
Materia seca	Peso seco (g) de muestra de raíz, tallos, hojas y granos de 10 plantas seleccionadas al azar	Horno de secado y balanza digital
Ataque de mildeo	Se tomarán diez plantas al azar en época de floración y se evaluará la incidencia (plantas afectadas/total de plantas evaluadas) y la severidad del ataque midiendo el porcentaje de tejido afectado de cada planta teniendo en cuenta la escala propuesta por Inguilán y Pantoja (2007).	
Plantas/metro lineal	Número de plantas por metro lineal en 5 sitios al azar	

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	EQUIPO DE REQUERIDO
Panojas/planta	Número de panojas por planta de 10 plantas seleccionadas al azar	
Peso de granos/panoja	Número de granos por panoja de 10 plantas seleccionadas al azar	
Índice de grano	Peso (g) de 1000 granos	
Rendimiento	Peso (kg/ha) de muestra de 10 plantas seleccionadas al azar	Horno de secado y balanza digital

Evaluación de calidad de grano:

Tabla 17. Variables de calidad de grano.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	EQUIPO DE REQUERIDO
Diámetro del grano	Diámetro (mm) y granulometría (%) de los granos de 10 plantas seleccionadas al zar por medio de un juego de tamices	Tamiz para semillas
Espesor del grano	Altura del grano (mm) de 15 granos por unidad experimental	Pie de rey
Color del grano pericarpio episperma	Color según la Tabla munsel de los granos de 10 plantas seleccionadas al azar	Tabla Munsel de tejido vegetal
Contenido de saponina	Porcentaje (%) espuma. Método de espuma.	
Contenido de humedad	Porcentaje (%) humedad de grano de cada unidad experimental	
Contenido de proteína	Porcentaje (%) por 100 g de materia del peso de semillas secas.	

Selección de genotipos promisorios

Para llevar a cabo el Programa de Mejoramiento Genético de la quinua se considerará los requerimientos del agricultor, de la industria y del consumidor. Por lo tanto, los parámetros de selección serán: precocidad, altura de la planta, panoja larga, tamaño y calidad del grano, alto rendimiento y contenido de saponina. Se utilizará un índice de selección del 5%. Los genotipos más sobresalientes para las características mencionadas anteriormente servirán de base para iniciar el programa de mejoramiento.

Método de selección

La selección consiste en la identificación de plantas sobresalientes en las características consideradas objetivos del mejoramiento, cosechar las plantas seleccionadas y trillar el material ya sea individualmente o en forma masal, luego sembrar la semilla proveniente de plantas seleccionadas y evaluar el comportamiento agronómico

de las progenies. Este procedimiento se puede repetir con el material seleccionado por varios ciclos hasta que se consigan las características deseadas y que dichas características sean homogéneas y estables. Este método de selección constituye un método de bajo costo y es aplicable para purificar y uniformizar el material genético en función a sus características agromorfológicas. A continuación, se describe el método de selección individual que se empleará para la obtención de líneas promisorias:

Selección panoja-surco

- La selección surco-panoja aplicada inicialmente a la quinua por Gandarillas (1979) es básicamente la selección individual, pero con autofecundación controlada de aproximadamente 200 plantas individuales y la identificación o asignación de un número de registro a las panojas seleccionadas y proceder a la siembra de la semilla de estas unidades a surcos individuales también identificadas o enumeradas.

- Las plantas seleccionadas por las características agronómicas deseables se trillarán en sobres individuales y luego se sembrarán en surcos individuales, dobles o múltiples. Para propósitos de mejorar la eficiencia de la selección, es necesario la inclusión de un surco testigo de la variedad superior en uso a cada 10 o 20 unidades, dependiendo si son de surco sencillo o doble o múltiple. Este procedimiento nos permite la comparación de las progenies seleccionadas con el material original.

- Las semillas obtenidas en el primer ciclo serán usadas en un segundo ciclo. Repitiendo la comparación de los genotipos originales y ciclos sucesivos en parcelas de selección, para evaluar la ganancia genética.

- Nuevamente, se repetirá el proceso seleccionando plantas sobresalientes entre los surcos y dentro los surcos, por aproximadamente seis a siete ciclos de selección hasta que el avance del mejoramiento genético no sea significativo de una generación a otra. Este método permitirá el aislamiento de líneas puras después de varias generaciones de autofecundación.

Cabe anotar, que en cada ciclo de selección se contará con la participación de los agricultores de la zona de estudio.

14.1.3 Actividad 3. Evaluación de líneas promisorias en cuatro localidades

Una vez obtenida la mejor o las mejores líneas de quinua producto del programa de mejoramiento, estás se sembrarán en las otras localidades contempladas en el presente trabajo de investigación, con el fin de evaluar la interacción genotipo x ambiente, con miras a la selección de genotipos de buen comportamiento agronómico y con amplia adaptabilidad en las respectivas zonas de evaluación. Igualmente, se realizará mejoramiento participativo con agricultores seleccionados como nodos claves en la red de cada zona (resultado del análisis de redes descrito arriba). Estos resultados permitirán evaluar la adaptación y/o plasticidad de los genotipos, al igual que la aceptación por parte de los agricultores y otros eslabones de la cadena dentro del proceso de selección participativa. El número de genotipos a evaluar será del resultado del proceso de selección durante el desarrollo del proyecto y del índice se selección utilizado.

Las líneas de quinua se establecerán en campo de acuerdo a las distancias de siembra utilizadas por los agricultores de la zona. Se utilizará un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad

experimental consistirá en 4 surcos de 5 metros de largo. En etapa se evaluarán las variables: precocidad, altura de la planta, panoja larga, tamaño y calidad del grano, alto rendimiento y contenido de saponina.

Análisis de la información

Se realizará análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de SAS 9.1 (SAS Institute Cary N.C), para determinar la ocurrencia de diferencias significativas entre las líneas para el conjunto de variables cuantitativas evaluadas. Se hará la comparación de medias a través de prueba de partición de promedios ó test de Duncan ($P < 0.01$).

El modelo estadístico que explica el comportamiento de cualquier genotipo en cada localidad de evaluación es el siguiente:

Yij = μ + Bj + Gi + (BG)ij + εij

Dónde: Yij es el comportamiento medio del genotipo "i" en el bloque "j", para el carácter de interés; μ, es la media general del experimento; Bj, es el efecto del bloque "j"; Gi, es el efecto del genotipo "i"; (BG) ij, es el efecto de la interacción del genotipo "i" en el bloque "j" y εij, es el error experimental.

El modelo estadístico que explica el comportamiento de cualquier genotipo en los cuatro ambientes de evaluación es el siguiente:

Yijk = μ + Ak + (Bj)k + Gi + (GA)ik + εijk

Dónde: Yijk es el comportamiento medio del genotipo "i" en la repetición "j" en el ambiente "k", para el carácter de interés; μ, es la media general del experimento para los cuatro ambientes; Ak, es el efecto del ambiente "k", (Bj)k, es el efecto de la repetición "j" dentro de la localidad "k"; Gi, es el efecto del genotipo "i", (GA)ik es el efecto de la interacción del genotipo "i" en el ambiente "k" y εijk, es el error experimental combinado.

Para conocer la adaptación amplia y/o específica y la estabilidad fenotípica de los genotipos de quinua evaluados se realizarán análisis AMMI.

Análisis AMMI

El análisis multivariado AMMI estará representado por la ecuación propuesta por Crossa (1996):

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{k=1}^{p} \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \varepsilon_{ij}$$

Dónde: Yij = Valor observado del i-ésimo genotipo en el j-ésimo ambiente; μ = media general; gi= media del i-ésimo genotipo menos la media general; ej= media del j-ésimo ambiente menos la media general; λ_k= raíz cuadrada del valor característico del k-ésimo eje del análisis de componentes principales (ACP)k; αjkγik= Calificaciones del ACP para el k-ésimo eje del i-ésimo genotipo y el j-ésimo ambiente; Rij= Residual del modelo. El análisis y las figuras (Biplot) se obtendrán mediante el Software InfoGen (Balzarini y Di Rienzo, 2003).

Nuevamente, para el siguiente ciclo de evaluación y selección los mejores genotipos serán establecidos en las cuatro localidades, en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, en parcelas de 6 surcos de 5 m de largo. En esta etapa se medirán las mismas variables que en el primer ciclo de evaluación.

Entrega de la semilla al productor

Las semillas de las líneas obtenidas después del programa de mejoramiento serán almacenadas en sacos de polipropileno, con el fin de no generar daños en el grano por factores físicos, químicos, biológicos, humanos y ataques de agentes exteriores como humedad, insectos, etc. Los sacos se pondrán en recintos secos, frescos y bien aireados, se colocarán sobre bases de madera para evitar contacto con la contaminación y la humedad del suelo.

A los agricultores se les entregará aproximadamente 10 gramos de semillas de los mejores materiales obtenidos, los cuales serán empacados en bolsas ziplot de cierre hermético de 8 x 10 cm, debidamente rotulados.

Adicionalmente para asegurar la conservación de la variedad obtenida se realizará una entrega con los respectivos soportes y pasaporte al Banco de germoplasma de la nación ubicado en la sede central de AGROSAVIA, esta actividad permitirá tanto la conservación como el acceso al material por los institutos, entidades o agricultores que pretendan continuar con el proceso de investigación en dicha especie. Así mismo, AGROSAVIA se encuentra ejecutando el Plan Nacional Semillas – PNS como una herramienta que pretende aportar a los sistemas locales de semillas mediante el rescate y entrega de semillas a organizaciones que pretenden producir semilla de calidad. Esta propuesta se encuentra en ejecución desde el año 2013, por lo tanto, se espera que una vez entregada la variedad e identificadas las organizaciones de productores con orientación a la producción de semilla de quinua con calidad se puedan inscribir y beneficiar del fortalecimiento que se brinda en este plan. La posibilidad de inclusión de esta especie depende de la pertinencia regional que presente la dinámica del cultivo, por lo que el fortalecimiento de la cadena que se espera lograr con la actual propuesta genera en gran medida el visto bueno para la inclusión y abordaje.

El Plan Semilla acompañara el desarrollo de los pequeños productores de quinua a través de una serie de etapas (hoja de ruta) que deben superar para que puedan consolidarse como núcleos de producción de semilla de calidad registrados ante el ICA; entre las etapas se encuentran: i) Invitación e inscripción de organizaciones, ii) caracterización y validación, iii) procesos de capacitación y fortalecimiento de capacidades locales y iv) entrega de material vegetal. Dicha estrategia estará soportada y será acompañada permanentemente por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural y La Secretaría de Desarrollo Económico y Competitividad de la Gobernación del Cauca y las secretarías de agricultura de los municipios vinculados en el proyecto. Se propenderá porque la semilla sea de libre acceso a los agricultores del departamento que producen quinua y los interesados en cultivar este sistema productivo, a través de la consolidación de los núcleos de producción a nivel municipal.

OBJETIVO ESPECÍFICO 2. Generar recomendaciones de técnicas para el manejo sostenible e integral del cultivo de la quinua

14.2 PRODUCTO 2. Recomendaciones de prácticas agronómicas sostenibles para el manejo del cultivo de la quinua. (PRODUCTO MGA-WEB. DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN).

14.2.1 Actividad 4. Estudiar los requerimientos nutricionales, utilización de coberturas vegetales y mitigación de gases de efecto invernadero GEI

Estudiar los requerimientos nutricionales:

Hasta el momento la fertilización de la quinua se realiza con base al análisis de suelo, pero sin tener en cuenta otro aspecto esencial que son los valores nutricionales de referencia del cultivo. Entonces con esta actividad se busca determinar esos valores de referencia o también llamadas normas (niveles críticos y las franjas de suficiencia nutricionales) tanto del suelo como del tejido foliar para los cultivares seleccionados y que servirán como línea base para la recomendación de planes de fertilización. Para ello, se implementará el Sistema DRIS, una metodología ampliamente usada para realizar un diagnóstico y recomendación integral de la nutrición de cultivos y que consta de las siguientes sub-actividades:

Establecer lotes experimentales con diferentes dosis de fertilización y medición de GEI en cuatro localidades:

Los tratamientos de fertilización se realizarán de acuerdo con los resultados del análisis de suelos que se realicen en las fincas y en base a los tratamientos que se han sido reportados en estudios previos. En total se contará con 27 tratamientos, en los que se incluyen la combinación de 3 macronutrientes con tres dosis cada uno, Nitrógeno, Fosforo, y Potasio, en las siguientes dosis:100, 200, 300 kg/ha; 100, 150 y 200 kg/ha y 75, 125 y 175 kg/ha respectivamente (Gomaa, 2013; Fajardo et al., 2016; Parra et al., 2017). Además, se incluirá un testigo que será el manejo convencional que realiza el productor. Cada unidad experimental corresponderá a cuadrantes de dos metros cuadrados. Para la dosificación de fertilizantes que se aplicarán en cada una de las parcelas se usará una balanza analítica para tener una mayor precisión. El suelo se preparará con herramientas de labranza con un implemento de rotavator que asegure la buena incorporación de los fertilizantes. Este ensayo se establecerá bajo un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con cuatro localidades que estarán en zonas productoras del departamento con condiciones ambientales contrastantes en donde se monitoreará el clima por medio de la instalación de estaciones climáticas. Adicionalmente se realizarán análisis y balance de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en los sistemas de manejo descritos. Para lo cual, en cada parcela experimental se demarcada un área de 2 m^2, denominada microparcela donde serán evaluadas las emisiones de GEI mediante la utilización del equipo portátil analizador de gases Gasmet modelo DX4040. Las variables controladoras de las emisiones serán evaluadas mediante parámetros del suelo y variables meteorológicas con el fin de identificar los factores controladores de las emisiones.

Recolectar la información:

Se tomarán muestras de tejido foliar y de suelo de cada tratamiento al principio y al final del ciclo del cultivo (6meses) con el fin de obtener información detallada de la concentración de los elementos tanto en el suelo como en las hojas para elaborar las curvas de absorción de nutrientes de la planta y las curvas de extracción de nutrientes del suelo (Fallas et al., 2014; Salazar y David 2017). Esta información permitirá conocer los momentos clave y dosis para la aplicación de fertilizantes. Para el análisis de las muestras foliares se realizará un muestreo destructivo tomando tres hojas jóvenes, pero bien desarrolladas del tercio medio y de 4 individuos al azar de cada parcela y posteriormente se enviarán a su respectivo análisis químico al laboratorio, de no poderse enviar inmediatamente se almacenarán en refrigerador (Borrero et al., 2017. Y para el análisis químico de suelos se tomará una muestra de cada una de las parcelas y se enviaran al laboratorio para su procesamiento (Fallas et al., 2014). Durante la cosecha se tomará el registro del rendimiento para relacionar la concentración de nutrientes y el rendimiento para la construcción de las normas.

Seleccionar las poblaciones de alto y bajo rendimiento:

Posteriormente, con la información obtenida en laboratorio se realizará el cálculo de la proporción dos a dos de todas las posibles combinaciones entre los nutrientes ej. A/B y B/A. Con estos datos se realiza un análisis de estadística descriptiva con el paquete estadístico SAS para obtener valores de media, desviación estándar, varianza, coeficiente de variación y valor de F. Basado en lo anterior, se organizará la base de datos de mayor a menor rendimiento, se divide en cuartiles y se seleccionarán la población del cuartil superior de alta producción (población de referencia) y la población de baja producción para luego poder establecer las normas (Santana et al., 2008; Serra et al., 2012).

Seleccionar las normas:

Para la selección de las relaciones que se convertirán en normas se usará el método de mayor relación de varianzas entre la población de baja productividad sobre la de alta productividad teniendo como fundamento la determinación de las relaciones con menor variabilidad (menor varianza), denominada valor “F” de acuerdo lo descrito por Beaufils (1973):

Si $[s^2 (A/B)_b / s^2 (A/B)_r] > [s^2 (B/A)_b / s^2 (B/A)_r]$, entonces la norma y la relación seleccionada es = A/B

Si $[s^2 (A/B)_b / s^2 (A/B)_r] < [s^2 (B/A)_b / s^2 (B/A)_r]$, entonces, la norma y la relación seleccionada seria= B/A

Donde $s^2 (A/B)_r$, es la diferencia de la relación entre las varianzas de las concentraciones de los nutrientes A y B en la población de referencia © y $s^2 (A/B)_b$ es la diferencia de la relación entre las varianzas de las concentraciones de los nutrientes B y A en la población de baja productividad (b).

Después del cálculo de las funciones se procede con el cálculo de los índices DRIS siguiendo la siguiente formula, para el nutriente A:

$$Indice\ de\ A: \frac{S\frac{A}{B} + S\frac{A}{C} + S\frac{A}{D} \dots \dots \dots + S\frac{A}{N}}{Z}$$

$$Indice\ de\ B: \frac{-S\frac{A}{B} + S\frac{B}{C} + S\frac{B}{D} \dots \dots \dots + S\frac{A}{N}}{Z}$$

$$Indice\ de\ N: \frac{-S\frac{A}{N} - S\frac{B}{N} + S\frac{C}{N} \dots \dots \dots - S\frac{M}{N}}{Z}$$

Donde Z: Número de funciones que corresponden al índice de nutriente.

Con las normas establecidas y después de calculados los índices DRIS, se realizará el cálculo del índice de balance nutricional (IBN) y el índice de balance nutricional medio (IBN_m), que consiste en la sumatoria de los valores absolutos de los índices DRIS, obtenidos para cada nutriente conforme la siguiente ecuación:

$$IBN = |I\ DRIS\ A| + |I\ DRIS\ B| + |I\ DRIS\ C| + \cdots + |I\ DRIS\ N|$$

$$IBNm = \frac{IBN}{n}$$

Donde n: es el número de índices DRIS de nutrientes involucrados en el análisis.

Determinar los niveles críticos basado en los índices DRIS:

La determinación de los niveles críticos consistirá en la determinación de valores óptimos de contenidos de nutrientes. Este método se fundamentará en la determinación de los modelos estadísticos de correlación entre los contenidos de nutrientes y los índices DRIS para luego encontrar el valor del elemento igualando el modelo a cero, teniendo como punto de partida que un elemento se encuentra en equilibrio cuando su Índice DRIS al valor mencionado. La interpretación de los índices DRIS se realizará por medio de la metodología propuesta por Wadt y Dias (2012), en la cual los índices serán agrupados en tres clases establecidas a partir de los índices DRIS de cada nutriente y el IBN (Tabla 18).

Tabla 18. Criterios de interpretación de índices

Criterio	Estado nutricional
I DRIS A < 0 y |I DRIS A|> IBNm	Deficiente

|I DRIS A| ≤ IBNm	Equilibrado
I DRIS A > 0 y |I DRIS A|>IBNm	Exceso

Determinación de las franjas de suficiencia para el tejido foliar y el suelo:

La determinación de las franjas de suficiencia de Beaufils consistirá en la determinación de franjas óptimas de contenidos de nutrientes para la interpretación de los niveles de los nutrientes. Este método se basa en la determinación de las franjas por medio de los modelos estadísticos de correlación entre los contenidos de nutrientes y los índices DRIS, siendo que, Beaufils (1973) consideró que a partir de los valores óptimos de los índices DRIS se puede determinar los intervalos de desviación estándar de los índices DRIS para cada franja de evaluación del estado nutricional. Siguiendo ese criterio, la franja que comprendería los nutrientes en deficiencia son aquellos que se encuentra por debajo –e - 4/3 de la desviación estándar (s) del índice para determinado elemento; tendencia a deficiencia ent–e - 4/3–a - 2/3 s; suficiente ent–e - 2/3 a 2/3 s; tendencia al exceso 2/3 a 4/3 s; exceso superior de 4/3 s. Posterior a la obtención de los nuevos índices se procederá a realizar el cálculo de contenido de nutriente usando las ecuaciones de los modelos obtenidos en los niveles críticos.

Evaluación de los ensayos experimentales:

A las plantas se les realizará seguimiento agronómico, fisiológico y fenológico con forme a las variables consignadas en las tablas 13, 14 y 15. La evaluación fenológica se llevará a cabo cada 15 días durante todo el ciclo de la planta mediante la escala BBCH extendida que permite la identificación de etapas fenológicas de especies dicotiledóneas como es el caso de la quinua (Bertero & Ruiz, 2008).

Evaluación fisiológica:

La fluorescencia de la clorofila se medirá utilizando el procedimiento descrito por Barth et al., 2001 con un medidor de datos fotosintéticos. La eficiencia cuántica del FSII de las plántulas se calculará mediante la determinación de la relación de fluorescencia variable y fluorescencia máxima (Fv/Fm). Las medidas se realizarán en las mismas hojas donde se midió la fotosíntesis. Para estudiar los cambios de Fv/Fm a lo largo del día se harán mediciones en horas de la mañana (8:00-10:00 am), medio día (12:00-2:00 pm) y tarde (4:00-6:00 pm). Para este propósito, las hojas se deben dejar en un período de oscurecimiento durante 15 minutos para lograr que todos los componentes de la cadena transportadora de electrones se encuentren completamente oxidados (abiertos). Y de esta manera finalmente poder disparar un pulso de luz actínica de alta intensidad (1000 µmol m^{-2} seg^{-1}) durante 2 segundos.

Evaluar la eficiencia de plantas leguminosas en la acumulación de materia seca y nitrógeno:
Sistemas de producción agrícola son grandes contribuyentes del calentamiento global, por ello, los sistemas conservacionistas de manejo del suelo pueden representar una importante estrategia mitigadora de las emisiones de GEI del suelo. En el suelo, la mayoría del N_2O es producido por los procesos microbianos de nitrificación y desnitrificación. Altas tasas de emisión de N_2O ocurren cuando el suelo presenta espacio poroso ocupado por agua (EPOA) superior al 60%, lo que dificulta la difusión de oxígeno (O_2) en el suelo y favorece la formación de ambientes anaeróbicos ideales para la desnitrificación. Generalmente, este proceso también es intensificado con el aumento del contenido de nitrato (NO_3^-) en el suelo y cuando factores como temperatura y carbono orgánico (CO) disponible no son limitantes (Bateman & Baggs, 2005).

Suelos fértiles con altos contenidos de MO, y de humedad dificultan la difusión de O_2 en el suelo favoreciendo la formación de ambientes anaeróbicos, proporcionando condiciones ideales para el proceso de desnitrificación (Franzluebbers, 2005). La magnitud de la volatilización de NH_3 también determina la disponibilidad de N para a nitrificación y desnitrificación. Varios estudios concluyeron que la desnitrificación es menor cuando las pérdidas de NH_3 son altas tanto en suelos aireados como irrigados (FAO-IFA, 2004).

Además de las características edáficas y climáticas, las prácticas de manejo también pueden interferir con los procesos del suelo por su efecto en la mineralización de la MO, influyendo así en la disponibilidad de nutrientes y por tanto en las emisiones de GEI (FAO-IFA, 2004; Chivenge et al., 2007; Costa et al., 2008; Bouwman et al., 2010). Las prácticas de manejo en suelos agrícolas pueden reducir o aumentar los estoks de C e N orgánico del suelo. Métodos de labranza del suelo como arado y rastra promueven perdidas de MO por medio de varios mecanismos según Sey et al. (2008) y Bayer et al. (2016) es:

- Fraccionamiento de agregados del suelo que protegen la MO de la descomposición microbiana.
- Aumento de la aireación que estimula la actividad microbiana, resultando en la liberación de grandes cantidades de CO_2 y N_2O a la atmosfera.
- Incorporación de residuos de anterior cultivo que, al aumentar el área de contacto, facilita la actividad microbiana sobre los mismos. Reducción en la cobertura del suelo, dejándolo expuesto a la radiación solar, aumentando así la temperatura y reduciendo la humedad del suelo.

Sistemas conservacionistas de manejo de suelo como la siembra directa asociado a la rotación de cultivos con alto aporte de residuos vegetales, ha sido apuntado como una alternativa eficiente en el aumento de la MO (Bayer et al., 2016). Los beneficios de adopción de prácticas conservacionistas son reforzados por la utilización de leguminosas como plantas de cobertura por su efecto en aumentar y preservar la MO y reduce las emisiones de GEI del suelo para la atmosfera (Gomes et al., 2009), así como en la sustitución parcial de fertilizante nitrogenado sintético por el N fijado simbióticamente, que resulta en la liberación gradual del elemento y en la diminución de la emisión de N_2O (Amado et al., 2001). La contribución de las leguminosas para la mayor adición anual de C y de N al suelo en sistemas de cultivos está directamente relacionada con las alteraciones del stock de estos elementos en suelo y con la productividad del cultivo en secuencia (Lovato et al., 2004).

La rotación de cultivos promueve el aumento de la MO por medio de la adición de residuos al suelo que a su vez estimulan la actividad microbiana. La cantidad y la calidad de los residuos incorporados al suelo regulan las tasas de mineralización de C y N, y consecuentemente, los procesos de producción microbiana de GEI

(Alluvione et al., 2010). La actividad microbiana aeróbica aprovecha el O_2 disponible y libera CO_2, promoviendo la creación de micrositios de anaerobiosis en el suelo, que favorecen la desnitrificación. Experimentos de laboratorio demostraron que la presencia de residuos en el suelo aumentó en hasta 10 veces la emisión diaria de N_2O en comparación al suelo sin incorporación de residuos.

El uso de plantas de cobertura se ha convertido en una práctica común debido a los diversos beneficios que proporcionan al suelo, siendo que las leguminosas promueven el acúmulo de N en el suelo en relación al sistema establecido apenas por si solos (Weber & Mielniczuk, 2009). Por ello, cuando se utilizan como cobertura, las leguminosas para abono verde, su manejo entre cosecha y siembra influenciado por la época lluviosa puede ocasionar aumento en las emisiones de N_2O por la disponibilidad de N al suelo que sirve como substrato para a nitrificación y desnitrificación (Gomes et al., 2009; Snyder et al., 2009). Estudios sobre la emisión de N_2O en sistemas de manejo que incluyen plantas de cobertura son escasos en suelos de regiones tropicales y subtropicales. La mejor comprensión de los factores que controlan la variabilidad de las emisiones de N_2O en sistemas de labranza y del cultivo de la quinua es necesario para identificar prácticas con potencial de mitigación y de la emisión de este gas en suelos agrícolas en el Departamento del Cauca.

Para dar cumplimiento al objetivo planteado, se diseñará en el área donde se establecerá el sistema productivo con quinua, el experimento de manejo del suelo con rotación de cultivos y plantas de cobertura con leguminosas como abono verde. El experimento obedecerá a un delineamiento de bloques al azar con parcelas subdivididas y tres repeticiones. En las parcelas principales (15 x 20 m) serán distribuidos tres sistemas de labranza del suelo; labranza convencional (LC), siembra directa (SD) y labranza mínima (LM) y en las subparcelas (5 x 20 cm) el sistema de cultivo de quinua con arvenses y leguminosas:

- Quinua/(Q)
- Quinua/Arveja: (Q/A)
- Quinua/Arveja/Frijol caupi (*Vigna unguiculata*): (Q/A/C)

La fertilización nitrogenada, en forma de urea en las dosis 0 (0N) y 180 (180N) kg N ha^{-1} aplicados en los bloques divididos en dos franjas (45 x 10 m). La fertilización será basada para el establecimiento de la quinua, aplicándose 20, 50 e 50 kg ha-1 de N, P_2O_5 y K_2O incorporados en el surco para todos los tratamientos. En cada parcela experimental se demarcada un área de 2 m^2, denominada microparcela donde serán evaluadas las emisiones de GEI con el equipo portátil analizador de gases Gasmet modelo DX4040 (Figura 7).



Figura 7. Medidor de flujo de gases GEI DX4040 para suelos.

Variables del suelo y meteorológicas:

Simultáneamente a las colectas de las muestras de GEI, se realizarán monitoreos de la temperatura del suelo (0.05m), la humedad gravimétrica, los contenidos de NH_4^+ y de NO_3^- y de COD (carbono orgánico disuelto) en el perfil de 0-0,10 m. Muestras compuestas de suelo serán obtenidas a partir da mezcla de tres submuestras colectadas aleatoriamente dentro de la subparcela mediante la utilización del barreno.

La temperatura será registrada con geotermómetros y la humedad del suelo calculada mediante el secado de submuestra de suelo en horno a 105ºC por 48 horas. O NH_4^+ e NO_3^- serán extraídos de muestras de suelo con solución de KCl 1,0 mol L^{-1}, determinados por destilación de arrastre de vapor en equipo semi-micro Kjeldhal y titulación con solución ácida (Tedesco et al., 1995).

El COD será extraído por agitación horizontal de la suspensión de 5 g de suelo seco y 50 mL de agua destilada (1:10) por 10 horas (Chantigny, 2003) y la concentración de C en la solución será determinada por combustión seca en analizador Shimadzu TOC-V CSH.

La actividad microbiana será evaluada por la cantidad de flujo de CO_2 del suelo (Baggs et al., 2003), determinado a partir del análisis de la concentración del gas en las mismas muestras de aire en que serán analizados los GEI.

A partir de los valores de densidad del suelo y de la humedad gravimétrica se calculará el porcentaje de EPOA por la ecuación:

Donde:

- Ug = Humedad gravimétrica (g g^{-1})
- Ds = Densidad del suelo (Mg m^{-3})
- PT = Porosidad total del suelo (g g^{-1})

La porosidad del suelo será obtenida por la relación:

Donde:

Ds = Densidad del suelo (Mg m^{-3})
DP = Densidad de partícula, considerada igual a 2,65 (Mg m^{-3})

La temperatura media del aire y la precipitación serán continuamente monitoreadas por la Estación Meteorológica más cercana al área experimental.

Evaluar el efecto de la utilización de abonos verdes asociados con quinua en las emisiones de GEI:

El estudio será desarrollado en áreas sembradas con quinua en el departamento del Cauca. La colecta de muestras de GEI será realizada utilizando el equipo portátil analizador de gases Gasmet modelo DX4040 y acordes a la topografía (planicie o laderas), y la temperatura será monitoreada con geotermómetro.

Evaluación, muestreo y análisis de los GEI:

Las evaluaciones de los gases serán realizadas mensualmente en tratamientos que incluirán abonos verdes y un testigo con fertilización nitrogenada mineral durante el desarrollo del proyecto, exceptuando en los periodos de labranza y manejo (ej. deshierba) de los cultivos, cuando las colectas y análisis serán intensificados (semanalmente) hasta que las emisiones se estabilicen. Se utilizará el equipo portátil Gasmet modelo DX4040, en cada uno de los tratamientos diseñados, siendo colectadas en tiempos predeterminados (0, 15, 30 y 45 minutos).

Variables controladoras de las emisiones:

A partir de los valores de densidad aparente del suelo y de la humedad gravimétrica se calculará el porcentaje de EPOA.

$$\% \text{ EPOA} = (ug \times ds)/(1 - ds/Dp)$$

Donde:

- ug: humedad gravimétrica (g g^{-1});
- ds: densidad aparente (g cm^{-3}) y
- Dp: densidad de partículas (g cm^{-3}).

La actividad microbiana será evaluada por la cuantificación del flujo de CO_2 del suelo, determinado a partir del análisis de la concentración del gas en las mismas muestras de aire en que se analizará el N_2O. Para la identificación de las principales variables controladoras de las emisiones de GEI del suelo, simultáneamente a

las colectas de las muestras de GEI serán monitoreadas la temperatura, humedad y concentración de NH_4^+ y NO_3^- del suelo.

14.2.2 Actividad 5. Validación de los requerimientos nutricionales y densidades de siembra del cultivo de quinua

Validación de las normas DRIS y tres densidades de siembra para los cultivares seleccionados:

Esta actividad busca validar las densidades de siembra y el plan de fertilización óptimo que acompañaran los cultivares más promisorios para el Cauca. Para ello se establecerá un lote experimental en cuatro localidades mediante un diseño en parcelas divididas. El primer factor corresponde a densidades de siembra donde se evaluarán tres niveles, una densidad baja (d1) correspondiente a 60.000 plantas/ha, media (d2) de 120.000 plantas y alta (d3) de 240.000 plantas/ha y para garantizar estas densidades se calibrará una sembradora manual de rueda. El segundo factor corresponde a planes de fertilización con los elementos mayores, para tal efecto se tendrán en cuenta tanto el análisis químico del suelo como las normas DRIS (niveles críticos y franjas de suficiencia) calculadas con anterioridad. El propósito es diseñar un plan ajustado exactamente a las normas definidas (f1), un segundo plan de fertilización teniendo en cuenta los limites superiores de las franjas de suficiencia (f2), el tercero los limites inferiores (f3), el cuarto tratamiento consistirá en el fraccionamiento de la fertilización en dos etapas del cultivo (f4) y un (f5) quinto tratamiento realizando un fraccionamiento de la fertilización en tres etapas del cultivo y un quinto usando abonos verdes. Con estos cinco tratamientos de fertilización se determinará cuál sería la recomendación en fertilización más adecuada para el cultivo para las condiciones ambientales propias del departamento. Para la evaluación de las parcelas se tendrán en cuenta los descriptores consignados en la Tabla. 6, 7 y 8. Para el análisis estadístico de los datos se realizará un ANOVA con el software SAS con el cual se pretende detectar diferencias de medias a través de la prueba de Fisher LSD con un nivel de significancia de 5%.

14.2.3 Actividad 6. Determinar requerimiento hídrico del cultivo

Determinar los requerimientos hídricos para el cultivo:

Esta meta tiene como objetivo generar recomendaciones técnicas para el manejo de agua para el cultivo de quinua y así identificar su potencial productivo para las diferentes zonas agroecológicas.

Como protocolo para la recomendación de aplicación de agua para las plantas se tendrá en cuenta la construcción de la curva de retención de humedad que se le realice al suelo ya que es una de las herramientas utilizadas en riego de cultivos para mantenerlas en adecuada hidratación haciendo uso de los conceptos capacidad de campo, punto de marchitez y humedad aprovechable. En esta investigación se tomarán como tratamientos rangos de humedad del suelo, definidos entre cuatro puntos de la curva de retención de humedad. El primer tratamiento parte de capacidad de campo, 0,33 a 0,5 bares, donde la humedad es fácilmente aprovechable. Un segundo tratamiento será la humedad retenida entre 0,5 a 1,0 bares y el tercero entre 1,0 a 3,0. Humedades superiores a estas presiones poseen menos agua disponible para la planta, aún más

tratándose de suelos con baja capacidad de retención de humedad, como los vinculados a los experimentos. Se espera que bajo esta última condición las plantas de algunas líneas genéticas tiendan a expresar síntomas de estrés hídrico como por ejemplo marchites, entorchamiento de hojas, clorosis, disminución en la eficiencia cuántica del FSII y al final presenten un bajo crecimiento y rendimiento. Por el contrario, se espera encontrar materiales con mayor tolerancia al escaso contenido de agua en el suelo, las cuales podrían tener potencial productivo en aquellas zonas con bajas precipitaciones

El contenido de agua (Ɵ, %) que se aplicará en cada caso resulta del análisis hecho con las ollas de presión y se refiere a un porcentaje del volumen de la muestra, que estaría ocupada con agua. Para interpretar este porcentaje de humedad como una lámina, se debe conocer la profundidad de las raíces, y el área de la zona donde se aplica el riego (definida por la zona húmeda marcada por el emisor, imagen 1), que define el volumen de suelo total. Así el % de humedad en la muestra, es equivalente al porcentaje de humedad en el volumen de suelo total. El volumen de agua se calcula en litros (L). Entonces la lámina se calcula con la equivalencia: 1mm = $1L.m^{-2}$ (o 10 m^{3}* ha^{-1}).

La primera fase se desarrollará bajo condiciones controladas sembrando las plantas en materas en un invernadero de la Universidad del Cauca donde se evaluará el comportamiento fenológico y agronómico de las plantas bajo diferentes condiciones de humedad y tensión en el suelo a través del establecimiento los siguientes tratamientos mencionados anteriormente.

En una segunda fase de esta actividad se tendrán en cuenta los resultados obtenidos en la primera fase y se restablecerá experimentos en campo en cada uno de los sitios donde se ubicarán las parcelas experimentales se realizará una medición geográfica y perimetral del experimento y una descripción del perfil modal.

Tanto en la primera como en la segunda fase se realizará pruebas hidrodinámicas y curvas de retención de humedad, además los análisis fisicoquímicos completos en dos profundidades de 0-10 y 10-20 cm. Con los resultados de capacidad de almacenamiento del suelo se definirán las láminas de riego con la finalidad de tener el punto de partida del experimento.

Se instalará una estación climatológica automática (EMA) que registre diariamente las variables del modelo FAO-PenmanMonteith (Allen et al., 1998) a fin de caracterizar climáticamente los sitios experimentales y ajustar al final de la investigación el requerimiento hídrico del cultivo. Adicionalmente se instalará sensores de humedad del suelo y tensiómetros los cuales irán conectados a datalogger para el almacenamiento de datos y de esta manera se hará seguimiento al agotamiento y así definir la frecuencia en los tratamientos de riego (Figura 8).

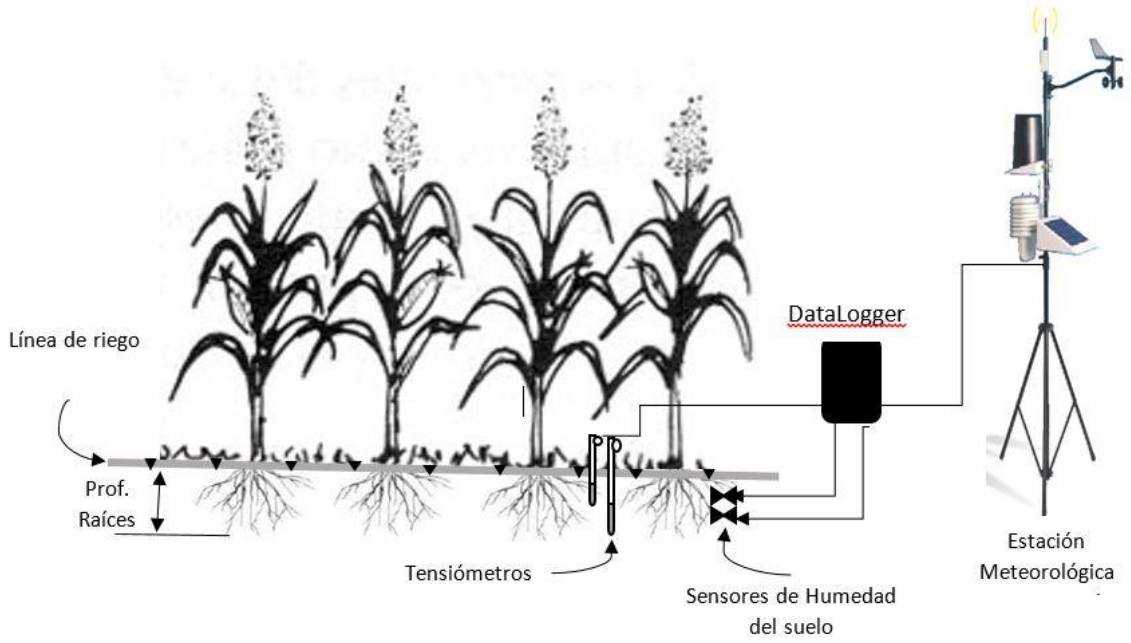


Figura 8. Esquema de montaje del experimento para determinar los requerimientos hídricos del cultivo de quinua

Se establecerá un experimento en cada una de las parcelas establecidas y se evaluará el efecto las láminas de riego, ajustando un modelo final de recomendación basado en el consumo hídrico de la planta. Se hará un manejo del agua en función del almacenamiento (curva de retención de humedad) y de éste se determinará el requerimiento hídrico del cultivo (Kc) para plantas, haciendo seguimiento continuado a la humedad del suelo, variables fisiológicas y fenológicas del cultivo.

Se aplicarán tres láminas de riego en función del almacenamiento, se tendrá en cuenta el consumo por el cultivo midiendo a diario la evapotranspiración de referencia (ETo), empleando el método de FAO-Penman-Monteith (Allen et al. 1998), con una estación meteorológica automática. El Kc del cultivo para la condición para cada una de las localidades evaluadas, será ajustado de acuerdo con la mejor respuesta de las variables fisiológicas.

Como factor de variación estará la lámina de riego, que como ya se indicó es función del almacenamiento, tomando como base la humedad rápidamente aprovechable por la planta definida en la curva de retención de humedad. La curva de retención es construida en el laboratorio de servicios de Agrosavia, con el método de ollas de presión y posteriormente con los datos del proceso de monitoreo de los sensores de humedad y tensiómetros instalados en el suelo. Los tratamientos son los siguientes:

1. TR1, corresponde a la humedad retenida en el suelo entre 0,33-0,5 Bares;
2. TR2, 0,5-1,0 Bares y
3. TR3 1,0-3,0 Bares.

A través del análisis de regresión se determinarán la relación entre los valores de rendimiento (R) y el agua aplicada por riego (I).

14.2.4 Actividad 7. Caracterizar y manejar los problemas entomológicos

Caracterizar los problemas fitosanitarios:

A pesar del ancestral arraigo de la quinua en nuestra cultura precolombina el conocimiento del cultivo en general en relativamente bajo. Particularmente, en el caso de los problemas fitosanitarios la información disponible es prácticamente inexistente para las condiciones de Colombia. En este sentido, es necesario seguir los ejemplos a nivel de investigación de otros países de la zona Andina, con alto predominio en producción de quinua, donde hay más información accesible en cuanto al estado fitosanitario del cultivo y prácticas de manejo para el control de problemas de plagas y enfermedades. El objetivo de esta actividad es el obtener información básica de caracterización de los problemas fitosanitarios del cultivo en la región que tengan un impacto sobre la producción.

Para llevar a cabo la caracterización que se propone se realizará un seguimiento del cultivo basada en fases fenológicas. De esta manera se pueden identificar las fases críticas del cultivo en cuanto a la susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades en la región, que ayude a un monitoreo y detección oportuna. La caracterización se realizará en 5 etapas fenológicas distintos del cultivo consideradas en Saravia y Bonifacio (2014): dos hojas verdaderas (15-20 DDS), ramificación (45-50 DDS), panojamiento (65-70 DDS), floración (90-100 DDS) y madurez fisiológica (160-180 DDS).

Caracterizar las plagas y la entomofauna asociada al cultivo de la quinua.

Esta actividad se realizará durante los dos primeros años del proyecto cubriendo dos ciclos productivos completos de este.

En parcelas experimentales y fincas comerciales seleccionadas, considerando principalmente la no utilización de productos insecticidas, se realizarán muestreos al azar de plantas de quinua usando el método de muestreo en zig-zag (Radcliffe 2008). Este método de muestreo es uno de los patrones más comunes utilizados para búsqueda y registro de insectos ya que se garantiza un barrido generalizado de los lotes. El muestreo de artrópodos será llevado a cabo en las diferentes fases fenológicas del cultivo descritas anteriormente (Saravia & Bonifacio, 2014) a través de los métodos de observación directa (de insectos plaga) y succión de la superficie de la planta (para registro de la entomofauna). Adicionalmente, bajo el mismo diseño muestral, se determinará el nivel de daño sobre las plantas por herbívora. Como caracterización ambiental de las zonas de muestreo se determinará el uso del suelo alrededor los lotes experimentales y su relación con la presencia de plagas.

Presencia y colecta directa de plagas potenciales: Mediante esta metodología se establecerá la incidencia y nivel de infestación de insectos fitófagos sobre las plantas de quinua. En las plantas seleccionadas de forma aleatoria en la metodología de zig-zag se inspeccionarán hasta un total de 10 hojas por planta registrando la presencia en el haz o el envés de hemípteros chupadores y larvas de lepidópteros. En el muestreo se incluirá la sección del tallo adyacente a las hojas seleccionadas. De encontrarse insectos fitófagos, estos serán

recogidos manualmente para su identificación al menor nivel taxonómico posible. Adicionalmente, tras realizarse el muestreo sistemático en las plantas seleccionadas de forma aleatoria, se continuará con una búsqueda dirigida a la colecta de insectos adicionales que sean plagas potenciales para su identificación. De encontrarse daños característicos asociados a estos insectos, como daños a la hoja por herbivoría se tomará registro fotográfico de estos. Las larvas colectadas serán llevadas a adultos en cajas de emergencia donde se le proveerá hojas de quinua fresca para su alimentación. Los adultos serán identificados en el C.I. Palmira mediante la colaboración del museo de entomología de Agrosavia en el C.I. Tibaitata. En el caso de que no se pueda realizar una determinación taxonómica a nivel de especie para plagas que se muestren de importancia por su abundancia, las especies serán enviadas a especialistas al museo de Entomología de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá para su identificación. De ser necesario, se acudirá a servicios de identificación molecular de especies de artrópodos para realizar determinaciones taxonómicas. En caso de obtenerse parasitoides adultos parasitando las larvas recogidas se realizará su identificación del mismo modo indicado para plagas potenciales.

Análisis estadísticos: Los análisis estadísticos del componente entomológico se realizarán con R 3.4.4 y versiones posteriores. Las distintas variables respuesta que sean recogidas serán analizadas con modelos lineales o aditivos generalizados mixtos (GLMM y/o GAMM) con distribuciones del error de Poisson, binomiales, o gaussianas, dependiendo de la naturaleza de la variable respuesta evaluada, y un log-link. La implementación de factores aleatorios se utilizará para corregir la pseudoreplicación o autocorrelación espacial (a mayor escala) y las estructuras de autocorrelación temporal en la toma repetida de datos sobre los mismos individuos experimentales. Los modelos serán ajustados mediante una selección hacia adelante y atrás (“forward and backward selection”) basada en criterios de máximo “likelihood” e indicadores de ajuste como AIC y BIC y validados mediante técnicas visuales (Zuur, 2009). Para el análisis de comunidades de artrópodos se utilizarán el método de ordenación multivariante, escalamiento multidimensional no-métrico (NMDS por sus siglas en inglés) seguido de contrastes de hipótesis mediante análisis de la varianza multivariado permutacional (PERMANOVA).

14.2.5 Actividad 8. Caracterizar los problemas de enfermedades del cultivo

Caracterizar las enfermedades que afectan el cultivo de quinua en el departamento del Cauca.

Con base en la caracterización de la productividad definida en el producto 1 del proyecto se seleccionará un tamaño de muestra representativo de fincas con alta incidencia de enfermedades, en cada municipio priorizado. En las fincas seleccionadas se colectarán plantas con síntomas asociados a enfermedades en las diferentes fases fenológicas del cultivo descritas anteriormente (Saravia & Bonifacio, 2014), con el fin de realizar el diagnóstico de los agentes causales.

El material colectado se procesará en el laboratorio de fitopatología del C.I. Palmira, en donde se obtendrán los aislamientos de microrganismos asociados al cultivo de quinua en medios de cultivo como rosa de Bengala, PDA, agar- agar y agar nutritivo acidificado. La identificación morfológica de los aislamientos se realizará

mediante la aplicación de claves taxonómicas a nivel de género (Barnett & Hunter, 1987, Schaad et al., 2001, Goszczynska et al., 2000).

Con el objeto de verificar los síntomas presentes en las plantas de quinua y su relación con los aislamientos obtenidos, se realizarán pruebas de patogenicidad en plántulas de quinua, para confirmar los postulados de koch. Las pruebas de patogenicidad se realizarán con los aislamientos de mayor prevalencia obtenidos a partir del tejido vegetal afectado, bajo condiciones controladas para observar el desarrollo de la enfermedad.

La identificación molecular de los agentes causales se realizará por secuenciación de las regiones ITS (White et al., 1990), 16S del ADN ribosomal (Kuske et al., 1997) y secuencias parciales de genes específicos para cada uno de los géneros encontrados. Las secuencias obtenidas serán editadas y su identidad se confirmará comparando las bases de datos moleculares, mediante BLASTN (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/Blast.cgi).

Esta actividad se realizará durante los dos primeros años del proyecto.

Evaluación y seguimiento de las principales enfermedades de quinua en municipios productores del departamento del Cauca.

Con el fin de correlacionar variables de tipo biótico y abiótico que influyan en la aparición, desarrollo y dispersión de las enfermedades, se seleccionará 1 finca en cada municipio priorizado, donde se haya presentado una alta incidencia de enfermedades, en las cuales se evaluará la incidencia y la severidad de las principales enfermedades que afectan el cultivo. La evaluación del daño se realizará durante dos ciclos productivos.

La severidad se estimará usando escalas propuestas para las enfermedades que se prioricen. La incidencia se estimará como el porcentaje de plantas que presentan síntomas asociados a cada enfermedad. Con esta información se construirán curvas de desarrollo de la enfermedad, esenciales para el desarrollo de planes de manejo.

Adicionalmente, se dispondrá de estaciones meteorológicas en cada uno de los municipios de estudio, con el fin de obtener información que permita correlacionar factores climáticos con el comportamiento de la enfermedad.

Desarrollar planes de manejo para el control de las principales enfermedades que afectan el cultivo de quinua en el departamento del Cauca.

En las parcelas experimentales se establecerán ensayos para el control de las enfermedades más limitantes del cultivo de quinua, donde se incluirán estrategias de control química y biológica bajo condiciones de campo, los cuales se compararán con el manejo que realiza el productor. En las parcelas experimentales se hará un seguimiento de las enfermedades con una frecuencia quincenal. En cada evaluación se registrará la incidencia y severidad de las enfermedades con escalas reportadas en literatura.
A partir de estos ensayos experimentos, se seleccionarán los tratamientos más eficientes para el control de las enfermedades, los cuales se replicarán en otro ciclo de cultivo. Con la información obtenida se establecerán curvas de progreso de la enfermedad para cada tratamiento, con el fin de comparar la efectividad de los tratamientos. +

En este sentido, los resultados que se genere en cada uno de los tratamientos se diagramarán mediante el desarrollo de los Esquemas de Aseguramiento de la Calidad Sanitaria (EACS), la cual, será implantada en seis partes. Partiremos de una evaluación participativa de las zonas de influencia del cultivo, que permita brindar información clara conforme a la Identificación de problemas sanitarios asociados a la semilla de quinua. Posteriormente, nos detendremos en la construcción de una matriz donde se priorizarán problemas del sistema productivo respecto a la importancia económica, cultural y ecológica (potencial epidémico). En una tercera parte, se establecerán modelos de decisión que permitan tener herramientas teórico-prácticas para el caso de problemáticas en los cuales se desconocen características biológicas y epidemiológicas del cultivo, así, se podrá establecer de forma detallada el rol de la semilla en los procesos de transmisión-dispersión de enfermedades, sin dejar de lado las plagas. Una vez se establezcan los modelos de decisión, se realizará el diseño de métodos y protocolos para el monitoreo, la detección y el control de alertas en el cultivo, diseñando técnicas específicas para cada problemática para ser incluidas en el EACS de la semilla. A continuación, se adelantarán procesos de definición de los principales aspectos de logística para el funcionamiento de los EACS, tales como cronogramas, requerimientos, recursos, flujos, entre otros. Finalmente, se definirán acciones y/o recomendaciones técnicas dentro del esquema mediante la elaboración y aplicación de un flujo de información documental que soporte el desarrollo para su divulgación a los productores.

Durante la evaluación de los tratamientos de control de enfermedades se contará con una estación meteorológica automática en cada parcela experimental, con el fin de obtener todas las variables ambientales requeridas.

14.3 PRODUCTO 3. Tecnologías de poscosecha validadas para los productores de quinua. (PRODUCTO MGA-WEB. DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN)

14.3.1 Actividad 9. Efectuar la caracterización tecnológica de labores de poscosecha en quinua

La metodología considerada para esta actividad se base en los estudios realizados por Castellanos *et al*., 2009, el cual tiene como máxima premisa la aplicación de un sistema de inteligencia tecnológica, el cual integra diferentes herramientas de gestión, útiles en su conjunto para generar conocimiento integral y proporcionar los elementos necesarios para la elaboración más eficiente de estrategias, principalmente de tipo tecnológico. Este sistema integra en una primera parte la construcción del análisis de desempeño de la cadena productiva, a partir de la construcción del agronegocio nacional y mundial.

Vigilancia tecnológica.

A través de la ejecución de esta actividad se propone el poder recopilar y analizar información primaria y secundaria clave que va a permitir comparar diversas variables para establecer el desempeño del sector quinuero en Colombia. Se identificarán las mejores prácticas en un país de referencia (Perú), que contribuyen a corregir defectos y reforzar fortalezas y aprendizajes, según las necesidades específicas y los objetivos buscados entorno a la cadena de transformación de poscosecha de la quinua a nivel nacional. Desde esta perspectiva, se realizará una visita con los investigadores principales de cada objetivo a Perú y se identificarán los proyectos de investigación y tecnologías desarrolladas para potenciar el impacto de los proyectos y la incidencia en la eficiencia de las investigaciones que se vayan a realizar. Se tomará como ejemplo estos proyectos exitosos en cada uno de los componentes del proyecto con el fin optimizar esfuerzos a partir de

lecciones aprendidas. Adicionalmente se recopilará y analizará información secundaria de mercados existentes y potenciales para la comercialización de quinua de tal manera que se pueda identificar las especificaciones de calidad, presentación y cantidades.

En el mismo sentido se generará un meta-análisis de una colección amplia de resultados de estudios individuales y con el objeto de integrar los hallazgos, se tendrán en cuenta los resultados de la mayoría de las investigaciones en ciencia y tecnología se transmiten a través de la publicación de trabajos (artículos de revistas, libros, memorias de congresos, patentes, etc.), convirtiéndose en uno de sus indicadores de resultado. En este sentido, las bases de datos de artículos y patentes se constituyen en el principal insumo para la vigilancia tecnológica. El estudio de meta- análisis se iniciará con la definición de una estrategia de búsqueda de la literatura publicada sobre el problema formulado usando palabras claves adecuadas, de manera que la recopilación incluya aquellas literaturas representativas a efecto de evitar un "sesgo de publicación". La búsqueda se llevará a cabo a través de bases de datos como ScienceDirect® (Hunter, K. 1998), ISI Web of Knowledge® (Airong, F. A. J. (2001), Scopus® (Burnham, J. F. 2006)., etc, y el software VantagePoint encargada de forjar una gran minería de texto para encontrar los resultados de patentes y publicaciones. El período de observación para la búsqueda iniciará desde 1990 hasta la actualidad.

Posteriormente se definirán para la meta-análisis los siguientes:

- Los criterios de inclusión/exclusión
- Análisis de calidad de estudios.
- Análisis cuantitativo
- Análisis de homogeneidad y fuentes de variación.
- Combinación de resultados
- Análisis de sensibilidad

Diagnóstico tecnológico del estado de las labores poscosecha en el departamento del Cauca:

Se recopilará información técnica (características actuales de la cadena de suministro de producción del sistema productivo para disponer información mínima entorno a la ubicación, capacidad de producción, estado de instalaciones, etc.) en cuatro municipios representativos en la producción de quinua en el departamento del Cauca.

Así las cosas, como aspecto metodológico se realizarán las siguientes actividades

1. Examinar soporte documental primario y secundario en torno a la etapa de poscosecha de quinua (normas, conceptos, visitas, elementos, proceso) que permita diseñar y estandarizar procesos de acondicionamiento de material vegetal y grano.
2. Vista con entidades privadas y del estado para conocernos y generar una radiografia inicial de proceso de producción de quinua en los municipios a pactar.
3. Trabajo con productores para verificar las tecnologías empleadas mediante el uso de herramientas participativas (cartografía social y encuesta semiestructurada) para la captura de información técnica y tecnológica.

4. Trabajo de campo para Identificar extensionistas, asistentes técnicos y profesionales en territorio para recopilar información y verificar las diversas características y variables manejadas en el sistema productivo.
5. Cuantificar las variables de estudio para identificar el estado de la organización que permita catalogarlas (bajo, en proceso y avanzado) de acuerdo a su capacidad técnica y tecnológica.
6. Sistematizar el flujo de información a partir de las herramientas utilizadas para genera un diagnostico por organización y municipio de estudio.
7. Finalmente, se consolidará el plan de trabajo con la organización que permita la planificación de actividades y cumplimiento de metas propuestas.

14.3.2 Actividad 10. Ajustar y validar alternativas tecnológicas para los procesos de poscosecha

Estudiar el efecto de las condiciones de operación sobre la calidad final de los granos de quinua secos:

Esta subactividad tendrá como objetivo estudiar el efecto de las condiciones de operación en el proceso de presecado y secado (temperatura de secado y velocidad de secado) sobre la calidad final de los granos secos (composición proximal). Se tendrán en cuenta como punto de partida estudios e investigaciones realizados para describir este comportamiento (Miranda *et al.,* 2010). De este modo, se realizará una prueba piloto a escala de laboratorio para lo cual se requiere un secador convectivo que permita controlar las variables del proceso y almacenar el flujo de información asociado a la pérdida de peso durante el proceso de presecado y secado. En este sentido, se evaluarán diferentes estrategias de pre y secado orientadas específicamente a secado continuo e intermitente (Figura 9).

El secado intermitente consiste en aplicar dos periodos de secado alternados por un periodo de reposo considerando dos esquemas de operación. La aplicación del secado intermitente, además de aumentar la eficiencia energética del proceso, podría mejorar la calidad del producto evitando el encostramiento de la superficie, disminuyendo su ganancia entálpica, su temperatura superficial, y el tiempo de exposición del

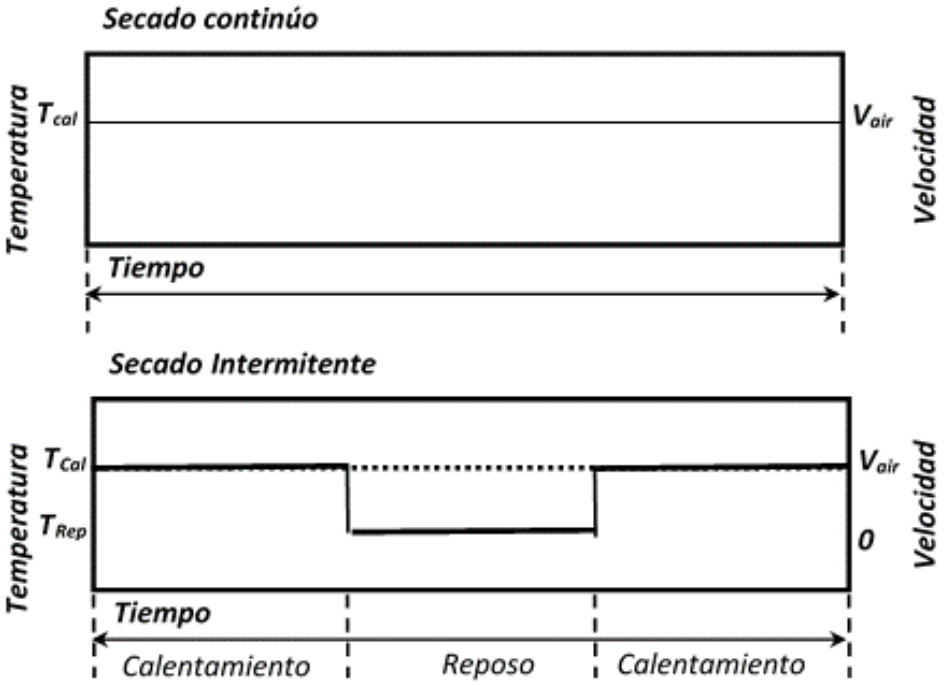


Figura 9. Esquema de las condiciones del aire de secado continuo e intermitente.
Tomado de: https://riunet.upv.es/handle/10251/13510.

producto al tratamiento térmico (Bon & Kudra, 2007). Con los resultados obtenidos se quiere participar en un evento internacional de quinua (Congreso, simposio, etc.) para presentar resultados preliminares de investigación y compartir temas relevantes presentados que podrían incluir seguridad alimentaria con quinua, nuevas tecnologías de procesamiento, ingeniería y modelado de sistemas alimentarios, propiedades de alimentos, nutrición y salud, educación alimentaria, innovaciones en ingeniería de alimentos en el mundo. Con estos temas se podrían tener nuevas perspectivas que beneficiarían la ejecución del proyecto.

De esta manera, se establecerán las cinéticas de secado para su posterior uso en el escalamiento del proceso. La composición proximal se determinará por medio de la tecnología de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS), dicha técnica permite caracterizar grandes cantidades de muestras en corto tiempo y con métodos confiables aplicados en quinua (Encima *et al.*, 2017; Ferreira *et al.* 2015; Gonzales *et al.,* 2013).

Ajustar las tecnologías para el presecado, trillado, limpieza, secado y clasificación de los granos de quinua:

A partir de los resultados del diagnóstico tecnológico del estado actual de labores de poscosecha, se definirán las posibles tecnologías que sean candidatas a ser incluidas en las operaciones poscosecha de los granos de

quinua que sean apropiadas a las condiciones de producción encontradas en el diagnóstico tecnológico del estado actual de labores de poscosecha. En esta actividad se tomarán como insumos los resultados del estudio del efecto de las condiciones de operación sobre la calidad final de los granos de quinua secos, con el fin de definir las condiciones óptimas de operación para favorecer la calidad de los granos secos.

Inicialmente se realizará la ingeniería conceptual de las tecnologías que se pretenden desarrollar para las operaciones de presecado, trillado, limpieza, secado, clasificación de los granos. Se realizarán cálculos preliminares, capacidad y dimensionamiento. Posteriormente, se desarrollará la ingeniería básica, que contempla el diseño detallado por medio de un programa de diseño asistido por computadora (CAD) para el cual se usará el software Autodesk Inventor. Se estimarán los costos de inversión, operación y mantenimiento de las tecnologías diseñadas y se establecerá la factibilidad técnica de ser implementada. Los diseños obtenidos para el proceso de presecado y secado serán simulados con el software ANSYS (Stolarski, T., Nakasone, Y., & Yoshimoto, S. 2018). para poder predecir su comportamiento en el proceso, y así tener la certeza de qué tipo de tecnología se ajusta a las características de producción del territorio.

Los sistemas de secado que pretenden implementar serán sistemas se aprovechara el calor por radiación para: *(i).* inicialmente realizar un presecado de la panoja y *(ii)* realizar el secado de grano trillado. Por lo tanto el sistema de secado modular estaría compuesto por dos subsistemas de secado. Los sistemas de secado serán de tipo modular de tal manera que su montaje, instalación y ajuste sea lo más fácil posible para los beneficiarios del proyecto. Se considerarán materiales livianos y resistentes para tal fin.

Establecer un Sistema Interno de Trazabilidad (SIT) asociadas a la producción de grano:

Actualmente la trazabilidad se ha convertido en un requisito fundamental para la gestión del desarrollo empresarial, que requiere procedimientos y documentados orientados a la identificación y rastreo de los inventarios de producción que se encuentren bajo la responsabilidad de los productores. En este sentido, se generará una herramienta que permita estructura el desarrollo logístico de las líneas de producción de quinua y/o material de propagación en los cuatro sistemas modelo de poscosecha comunitarios que establecerá el proyecto. Al forjar su desarrollo, les permitirá a los productores recopilar y analizar el flujo de información que generan durante las etapas del proceso para su consulta y toma de decisiones organizativas.

De esta forma, se busca articular un SIT consolidado y en permanente actualización, la cual permita conocer la traza, ubicación y trayectoria de los inventarios a lo largo de la cadena de producción en etapa de poscosecha, además se incluirá en su estructura información sobre el manejo en kardex, visualización y descarga de las fichas técnica de los materiales vegetales producidos por el productor. Asimismo, acceder a la normatividad aplicable a la producción de semillas contenidas en acuerdos y resoluciones expedidos por el ICA de orden nacional y en las normas supranacionales aplicables en el territorio nacional en virtud de los tratados o acuerdos suscritos por Colombia y cuantificar el inventario entregado al cliente final. Todo esto articulado para su búsqueda lógica mediante el filtro por especie productiva, sitio de ubicación, labores específicas o culturales y fecha de entrega, en una base de datos que almacena el flujo de información en forma ontológica.

Entre las ventajas del desarrollo, los productores estarán en capacidad de cumplir con la normatividad general (Decreto 931/2018 MADR, resolución ICA 3168/2015 - 3888/2015 y Decreto ICA 1840) o especifica por grupo de especie, de acuerdo a los parámetros normativos vigentes establecida por la entidad sanitaria. Asimismo, le

permitirá de manera escalada mejorar y fortalecer la gestión organizacional, de tal forma que responda con las demandas del mercado, precisión en la información, mejora en la interacción y los servicios entre los proveedores, clientes y personal vinculados al proceso de producción. Al mismo tiempo, con la puesta en marcha del SIT se beneficiará los actores que participan en la cadena de valor vinculada al proyecto, ya que se asegura el control de la calidad de los materiales entregados a futuro por los productores.

Desde esta perspectiva, la implementación del ST se propone ejecutarlo en tres (3) momentos de desarrollo, teniendo en cuenta que la base de datos que nos proporcionará el soporte tecnológico será a partir de un desarrollo previamente parametrizado por el Ing. de sistema. Cabe mencionar, que en cada momento se tiene previsto el acompañamiento del Departamento de Tecnología e Información (DTI), Propiedad Intelectual (PI), Oficina Asesora de Comunicaciones, Identidad y Relaciones Corporativas (CIRCO), Departamento de Transferencia de Tecnología (DTT) y el equipo de personas naturales o jurídicas seleccionadas de AGROSAVIA para asesorar el producto y garantizar el buen funcionamiento del desarrollo. A continuación, se presenta las metas presentadas en momentos:

Meta 1. Modelamiento del sistema de trazabilidad y homogenización de los contenidos del sistema productivo en cuanto a la definición, alcance, objetivos y estructura.

Momento	Actividades
1. Caracterización y estandarización del soporte documental en la producción de semilla	1. Vigilancia tecnológica secundaria entorno registro de información, calidad de datos, inventario, base de datos, codificación, sincronización, movimientos logísticos, ciclo de producción e infraestructura del sistema productivo. 2. Generar el documento conceptual de línea base del desarrollo entorno al sistema productivo. 3. Diseñar el formulario de captura de información encargado de registrar el flujo de información en las localidades. Además, generar 4. Visitar a las cuatro localidades para la captura de información entorno a las acciones y actividades asociadas a la línea de producción. También, Identificar los puntos críticos de control de las actividades asociadas al sistema productivo. 5. Diseñar las tablas de registro de información preliminar con la identificación de las variables de control del sistema productivo en cada localidad con salida en la producción de semilla y grano. 6. Trazar la matriz de calidad, diagrama de flujo y proceso de la línea de producción. 7. Validar las herramientas asociadas a la trazabilidad en la producción de semilla. 8. Generar diagnóstico del sistema productivo a partir de las variables de seguimiento y control propuestas.

Meta 2. Desarrollo del ST con los parámetros estandarizados que garantice la funcionalidad y gestión de contenido de calidad.

Momento	Actividades
2. Generar requerimientos del sistema para su establecimiento.	2.1. Generar documento de requerimientos del sistema a la empresa prestadora de servicio para implementar la herramienta en las cuatro localidades. 2.2 Contratación del equipo de desarrollo externo encargado de la implementación del sistema. 2.3. Adecuar los servidores (desarrollo y producción) para el tránsito de la información contenida con apoyo de los productores. 2.4. Configuración Instancia de desarrollo con la instalación del Sistema Operativo Windows Server 2012, SQL Server 2012 y configuración de IIS (según requerimientos) 2.5. Instalación y configuración del sistema ST con las cuatro (4) herramientas que la componen (Administrador, Curador, Web Application y Updater) en ambiente de desarrollo. 2.6 Construcción del sistema de visualización y registro mediante las herramientas Visual Studio .net 2012 (C#), diseño de la base de datos en SQL Server 2012. 2.7. Implementación de formularios de captura en webform y entrega del desarrollo del sistema. 2.8. Modificación de tablas de registro, codificación de productos procedimientos y vistas mediante la implementación del servicio bajo la tecnología de WCF (Utilización de seguridad). 2.10. Construcción de un aplicativo de control por códigos de barras QR o data matriz (aplicativo Android o IOS) para la identificación de la semilla según su tipología. Para ello se utilizará la impresora de código de barras ZT230 con su respectivo driver, cintas de impresión (rollo de cera 110mm x 74m) de código y etiquetas de papel térmico (5.01cm x 2.5 y 10.2cm x 4.9).

	2.9. Reporte y solución de incidencias registradas en el ST. 2.11. Evaluar e implementar el tipo de etiqueta mediante la conformación de la estación de trabajo conformada por: ThinkCentre M700, impresora ZT230 y tableta YOGA Tab 3 Pro (forro de tablet y vidrio). De este modo, los inventarios serán identificados mediante código alfanumérico. 2.12. Establecer prueba piloto por localidad y/o por tipología de material vegetal. 2.13. Elaboración del manual de buenas prácticas de uso e instalación del sistema que permita sensibilizar el desarrollo.

Meta 3. Fortalecimiento de capacidades mediante el desarrollo de espacios participativos en el uso y manejo del sistema.

Momento	Actividades
3 Capacitación de un programa corto de formación para el empoderamiento del sistema.	3.1. Liberación del ST a las localidades impactadas. 3.2 Diseño de un evento en el manejo y uso del ST, estándares de identificación, base de datos y codificación mediante código de barras para investigadores y productores asociados al proyecto; de modo que desde una metodología teórico práctica adquieran las herramientas necesarias para mejorar los procesos de producción de semilla certificada y con ellos los procesos que lideran.

Finalmente, el desarrollo administrativo y técnico será un sistema articulado que permitirá ser actualizado en el tiempo por los administradores asignados por los productores, con la información de las acciones y actividades asociadas al sistema productivo objeto de estudio.

Construir, evaluar y validar las tecnologías seleccionadas:

Se establecerán cuatro sistemas modelo de poscosecha comunitarios para productores de quinua en el Cauca en donde se integren las tecnologías de presecado, trillado, limpieza, secado y clasificación de los granos de

quinua y que funciones como modelos y vitrina para la transferencia y extensión de conocimiento. En este sentido, a partir de los planos definitivos con sus respectivos sistemas de control para el montaje. Posteriormente, se seleccionará los espacios correspondientes y se procederá con la construcción de los sistemas modelo. Una vez construidos, se procederá con la evaluación (puesta a punto) de los sistemas para identificar el buen funcionamiento e identificar incidencias para realizar los ajustes correspondientes a las tecnologías con el fin de lograr los resultados esperados.

Una vez evaluado el prototipo, se validará el funcionamiento del modelo con las condiciones de operación establecidas a escala de laboratorio que permitan obtener productos con las características de calidad establecidas. Además, se medirá el consumo de energía y establecerá condiciones de operación, costos de inversión, operación y mantenimiento.

Se espera que para esta actividad se evalúen tanto los materiales locales y la variedad obtenida en el objetivo dos para generar las recomendaciones de funcionamiento ajustadas a los inventarios producidos por los productores.

Generar recomendaciones para el funcionamiento y mantenimiento del sistema modelo:

Con base en los resultados, se realizará un manual de recomendaciones para la implementación del sistema modelo que incluya aspectos sobre la construcción, instalación, operación, mantenimiento y costos**.**

Apropiación social del conocimiento bajo el enfoque de investigación participativa:

Se desarrollará una estrategia a partir de las herramientas y metodologías de transferencia de tecnología ajustadas por AGROSAVIA para apropiar y sensibilizar el conocimiento desarrollado, a través de una serie de capacitaciones que permita fortalecer capacidades a lo largo de la ejecución del proyecto, que incluya productores, proveedores industriales, asistentes técnicos, extensionistas y académicos. En cuanto a los proveedores e industriales, se seleccionarán potenciales empresas constructoras, que estén en la capacidad de establecer y difundir la tecnología desarrollada a través del asesoramiento por parte de AGROSAVIA.

Se realizarán encuentros participativos con los productores a través de jornadas de actualización tecnológicas para socializar los objetivos del proyecto, definir en colectivo aspectos claves para su establecimiento, retroalimentación continua de los desarrollos del proyecto e intercambiar las experiencias y aprendizajes de la región, por tanto, se seleccionará un grupo de productores *Lideres Multiplicadores del Conocimiento de modelos de poscosecha para quinua,* los cuales deben ser parte de todo el desarrollo del proyecto.

Se definirá participativamente un plan de transferencia para la región en la que se desarrollará el proyecto, de esta manera se precisa el público objetivo de la tecnología y los factores que favorecen su incorporación permanente en la actividad productiva. Finalmente, se divulgará los resultados del proyecto y de la experiencia participativa con los productores implicados y con otros actores que puedan desarrollar acciones complementarias a las llevadas a cabo en el proyecto y que asegure que los productores, luego de mejorar tecnológicamente, puedan acceder a nuevos mercados y de esta manera mejoren sus condiciones de calidad de vida.

Adicionalmente se elaborarán una cartilla de los resultados del proyecto la cual se entregará a los productores, asistentes técnicos y se tendrán cartillas disponibles en la Sede de Investigación de Popayán para entregar a las personas interesadas en la implementación de los resultados.

Finalmente, con la inclusión de las tecnologías proporcionada a través del proyecto, se promoverá el incremento de las labores de poscosecha, además con los planes de formación a modo de seguimiento permitirá generar conocimiento básico participativo para forjar capacidades locales en los espacios de estudio en torno a los procesos de poscosecha que asocia las etapas de acondicionamiento y entrega al cliente final del material vegetal de propagación o grano. De esta manera, se convierte en un insumo clave para aumentar la capacidad y calidad de la producción de las organizaciones beneficiadas. Además, las organizaciones estarán en la capacidad de responder a los desafíos de acceso a mercados locales e internacionales impuestos por las nuevas reglamentaciones de cada uno de los países tanto para la exportación de material de grano como sus diferentes derivaciones. También, de manera paralela, se desarrollarán capacidades mínimas de diseño de estrategias en el manejo del cultivo en etapa de poscosecha y de mercado del producto, que garanticen el acceso a diferentes consumidores de quinua producida en el departamento del Cauca, donde la producción del material andino es esencial para generar estrategias de vida sostenibles y lícitas para una población fuertemente afectada por el conflicto armado y las economías ilegales. Finalmente, con el acompañamiento las organizaciones podrán apuntar a la formalización para consolidarse como productores comerciales de semilla de calidad ante el ICA, de esta manera se llega a un proceso de sensibilización y empoderamiento por parte de las organizaciones en torno a las prácticas necesarias en la etapa de poscosecha.

PRODUCTO 4. Plan de investigación participativa implementado para los productores de quinua en el departamento del Cauca. (PRODUCTO MGA-WEB: DOCUMENTOS DE PLANEACIÓN).

14.4.1 ACTIVIDAD 11. Determinar las características de los sistemas de producción de quinua y evaluación económica ex-ante de las tecnologías desarrolladas en el proyecto

Caracterización de la red social de productores

Como punto de partida para poder generar una estrategia de investigación participativa, teniendo en cuenta la importancia de apropiar los resultados generados en este proyecto a los diferentes actores de la cadena, es clave realizar una efectiva intervención a nivel de ciencia y tecnología utilizando metodologías que faciliten la adaptabilidad y adoptabilidad de los resultados obtenidos en esta investigación, para lo cual es necesario caracterizar la red social entorno al sistema productivo de la quinua que permitirá identificar actores claves dentro de la misma para definir estrategias efectivas de transferencia, teniendo en cuenta aspectos como conformación de la familia, zonas productoras, núcleos productivos individuales, sistemas productivos diferenciales y otros aspectos de las dimensiones social, económica, cultural y técnica, dado a que la región alto-andina Caucana es diversa en cuanto a cultivos, étnias, y pisos térmicos donde predominan los minifundios que han facilitado de procesos de asociatividad y comercialización.

La metodología a seguir para el desarrollo de estas actividades contempla la construcción de base de datos a partir de la información secundaria recopilada en el proyecto denominado "INCREMENTO DE LA COMPETITIVIDAD DE LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA DE LA QUINUA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA" (Bpin2017000030091) el cual se encuentra en ejecución y está financiado por el Sistema General de Regalías. Para complementar esta información se realizarán acercamientos con las comunidades para conocer sus perspectivas respecto al proyecto.

Partiendo de los datos disponibles del Censo Nacional Agropecuario 2014 (DANE, 2018), y junto con la corrección y/o verificación de dichos datos hecha en los grupos focales y de las fuentes secundarias de información mencionadas, se hará un diseño de muestreo aleatorizado y estratificado con el que se define el número mínimo de encuestas que garantice la representatividad de la información colectada (Deaton, 1997). Siguiendo a Levy y Lemeshow (2008) el tamaño muestral mínimo en un muestreo estratificado se define por:

$$n^* \geq \frac{z^2_{1-\frac{\alpha}{2}} Np(1-p)}{(N-1)\varepsilon^2 + z^2_{1-\frac{\alpha}{2}} p(1-p)} (1 + (CL-1)\zeta)$$

Donde p es la proporción relativa estimada de que actualmente se esté haciendo uso de sistemas avanzados de manejo agronómico y/o variedades mejoradas que se considera en línea base bastante baja (se asume $p = 0.02$) N es el total de la población de productores de quinua del departamento (aprox. 2000), con un nivel de confianza de $(100 \times (1-\alpha))\%$ (se asumirá $\alpha =$, y se admite un $(100 \times \varepsilon)\%$ de desviación entre el valor estimado de productividad y el valor poblacional. Luego, el número de entrevistas requeridas según se defina por el diseño muestral serán ejecutadas por un grupo de encuestadores especializado en colecta de datos agrícolas, y contará con el acompañamiento de investigadores de la Corporación quienes velarán por la consistencia y veracidad de la información tomada en campo.

Una vez definido el tamaño muestral para garantizar la representatividad de los actores de la cadena de quinua en el departamento, se procederá a elaboración de un cuestionario para entrevista semi-estructurada, en la que se consignará información sobre:

- Demografía:

  - Georreferenciación.
  - Composición del hogar.
  - Migración.
  - Tenencia de activos agrícolas y no-agrícolas.
  - Índices de salida de la pobreza.
  - Seguridad alimentaria y diversidad dietaría.
  - Bancarización y acceso a crédito productivo o no-productivo.
  - Recepción de subsidios y/o participación en programas de apoyo.

- Productividad:

- Áreas en propiedad y/o arriendo bajo producción.
- Cobertura de diferentes cultivos.
- Dependencia financiera en diferentes cultivos.
- Prácticas de manejo: establecimiento, mantenimiento, cosecha y postcosecha.
- Percepción sobre presencia e incidencia de patógenos en quinua.
- Mano de obra y salarios rurales.
- Precios de insumos.

- Sostenibilidad y relación con el medio ambiente

  - Percepción sobre relaciones entre bienestar ambiental y actividades de manejo de quinua.
  - Manejo del recurso hídrico.
  - Manejo de residuos en procesos de siembra, mantenimiento, cosecha y postcosecha de quinua.

- Capital y redes sociales:

  - Referencia de individuos/productores en la vereda/corregimiento considerados como conocedores del cultivo de quinua.
  - Pertenencia a asociaciones y roles desarrollados dentro de la comunidad.

- Aplicación de encuestas a extensionistas rurales y entidades prestadoras del servicio de asistencia técnica, con el objetivo de hacer un diagnóstico enfocado en conocer las capacidades técnicas y los perfiles profesionales y los recursos con los que cuentan para prestar el servicio.

Habiendo sido consolidado y puesto en consenso con el grupo de investigadores el cuestionario en físico, se procederá a la sistematización de la encuesta en el software open-access para colecta de datos[2] CS-Pro® con programación de estructura lógica de preguntas, la cual permitirá la minimización de errores humanos bien sea en procesos de colecta directa o de transcripción de información que haya sido necesariamente colectada en físico por motivos de fuerza mayor. Se prevé que un profesional de apoyo economista, contratado específicamente para el proyecto, se hará cargo del proceso de construcción del formato de encuesta y del diseño en la plataforma digital CS-Pro®. Una entidad externa será la encargada de hacer el proceso de colecta de datos, previa a la capacitación de encuestadores. El profesional, posteriormente, se hará cargo del seguimiento del proceso de colecta de encuestas vía digital, para solicitar correcciones o recomendaciones de ajuste en tiempo real, en la medida que los equipos de encuestadores vayan avanzando en su proceso de colecta de datos en campo.

Una vez terminada la colecta de información, se llevará a cabo una limpieza y consolidación de la base de los datos colectados por estructuras modulares, similar al estándar definido por el DANE para sus encuestas

[2] El software CS-Pro® es de acceso libre, y ha sido desarrollado por la Oficina del Censo del Gobierno de los Estados Unidos (https://www.census.gov/data/software/cspro.html).

nacionales, a través del software de procesamiento estadístico y econométrico Stata® (sistema MP, versión 15). Dichos procesamientos se realizarán por medio de archivos tipo *do-file*, los cuales permiten la trazabilidad de cambios y correcciones hechas desde la base de datos en versión original colectada. Al tener disponible la base de datos, se hará un análisis de adopción de tecnologías a nivel de lotes /o productores (Foster & Rosenzweig, 1993, 2010) para el manejo del cultivo (p.ej. mejores prácticas de manejo de suelo, uso de herramientas especializadas, procesos de postcosecha, etc.), a través de modelos no-lineales de decisión (Cameron & Trivedi, 2005; McFadden, 1974; Train, 1999) y de modelos de regresión para respuesta ordenada en el caso de predisposición al uso de nuevas tecnologías por parte de los productores. De esta forma se pueden definir mecanismos estadísticamente significativos, a través de los cuales se puedan incentivar procesos de adopción de tecnologías, además de verificar si los mecanismos usualmente propuestos (p.ej. sistemas de asistencia técnica, extensión agropecuaria, pertenencia a asociaciones, entre otros) revelan evidencia estadística para su mejoramiento/expansión.

Acto seguido, se hará un análisis cluster jerárquico (Bartholomew et al., 2008) en Stata® de modo que se haga una disminución dimensional. Esta aproximación no paramétrica permite agrupar a agricultores por cuestiones de similitud estadística por dimensiones espaciales y atributos observados, tanto en términos demográficos como de manejo del sistema productivo de quinua. Dicho proceso de agrupaciones por similitud estadística se denomina como *tipificación estadística de los sistemas productivos*. Este último permitirá definir las zonas de interés para el desarrollo de grupos focales a través de los cuales se podrá consolidar, junto con la información de construcción de redes veredales reportada por los productores, un análisis de las redes sociales que caracterizan los flujos de información de los sistemas productivos de quinua en el departamento del Cauca.

Evaluación económica ex-ante de las tecnologías desarrolladas en el proyecto:

A lo largo del proyecto, el profesional de apoyo economista hará una recopilación continua de los costos directos e indirectos del sistema productivo bajo el manejo tradicional que realiza el agricultor según la zona (un modelo ex ante de presupuesto parcial) (Alimi & Manyong, 2000), comparado con los costos de producción del modelo productivo generado por Agrosavia, éstos se calcularán mediante encuestas a productores, y serán consolidados en los talleres participativos de grupos focales. Estos resultados sirven como un criterio básico para la viabilidad financiera de adopción de dichas tecnologías dependiendo de las condiciones/atributos, específicos por zona, de disponibilidad de mano de obra, costos incurridos, entre otros.

14.4.2 Actividad 12. Estrategia de investigación participativa, vinculación, capacitación y socialización de resultados

Anteriormente, la transferencia de tecnología se manejaba con base en un modelo lineal, donde el problema de investigación es planteado y resuelto por científicos quienes desarrollan tecnologías en laboratorios y estaciones experimentales; estas tecnologías pasan a un agente de extensión para ser transferida a los agricultores. Sin embargo, esta metodología no es eficiente dado a que no tiene en cuenta algunos factores de riesgo a los que se enfrentan los agricultores para adoptar dichas tecnologías, por tanto, la investigación participativa apoyada en el análisis de redes sociales ha permitido la mejor comprensión de las problemáticas, lo que genera una eficiente adopción de las ofertas tecnológicas (Ramírez 2013; Wood et al., 2014).

El potencial de la investigación participativa se enfoca en la producción de conocimiento, articulando de manera crítica los aportes de la ciencia y del saber popular, con el fin de reorientarlos hacia la solución de problemáticas de las comunidades. De ahí que se parte de una caracterización de las redes sociales de las comunidades, con el fin de identificar sus fortalezas, reconocer sus conocimientos y experiencias de trabajo. Adicionalmente, es importante aclarar que el proyecto tuvo socializaciones previas con los municipios priorizados; en tanto que con las comunidades indígenas se realizaron alrededor de 4 jornadas de trabajo previas para consensuar las expectativas de los 2 cabildos que tendrán participación en el proyecto, acorde con lo establecido en sus planes de vida, lo cual se soportó en la firma de las cartas de intención de participación que se presentan como anexos.

Dada la importancia de apropiar los resultados generados en este proyecto a los diferentes actores de la cadena, se tuvo como referencia la "Guía sectorial CTeI Colciencias DNP" en cuyo capítulo XI, se contemplan actividades de apoyo para las categorías de ciencia, tecnología e innovación tales como seminarios, foros, cursos y talleres; que generen capacidades y competencias en el diseño, ejecución y apropiación en proyectos de ciencia, tecnología e innovación. Sin embargo, a pesar de ser consideradas como estrategias convencionales de transferencia, se pretende que el equipo de investigadores guiados por la Profesional de Transferencia de Tecnología - un perfil recientemente incorporado en Agrosavia, especializado en trabajo social y técnico con comunidades de distintas étnias y culturas – puedan desarrollar estrategias de investigación participativa que promuevan la adopción de las tecnologías generadas, haciendo especial énfasis en los pequeños productores, con un enfoque que integra el conocimiento de las comunidades y valoriza su experiencia en territorio

En este sentido, tanto los extensionistas rurales, productores, academia y demás actores de la cadena serán actores protagónicos en todas las etapas del proceso de investigación, promoviendo su participación en las distintas actividades que se desarrollen en los lotes experimentales en los cuales se establezcan los ensayos.

Estrategias y metodologías empleadas

Con la finalidad de apropiar a los extensionistas rurales y productores de los resultados generados en el proyecto, se ejecutará un plan investigación participativa que es un componente transversal a los demás objetivos del proyecto, el cual incluye diversas estrategias que se irán ejecutando en el transcurso de los 4 años que se tienen contemplados. Se fija como meta la capacitación de 587 personas a través de eventos, talleres teórico- prácticos, días de campo y reuniones bajo la modalidad de investigación participativa. En ese sentido, los actores que acompañen el proceso de investigación se convertirán en replicadores de la experiencia a sus vecinos de forma que el impacto que se logre generar sea mucho mayor.

Uno de los principios de esta metodología consiste en que los actores de la cadena principalmente los productores sean protagonistas en los procesos de investigación, permitiéndoles identificar en primera instancia los problemas más relevantes de su sistema productivo, plantear las posibles alternativas de solución, realizar los análisis y viabilidad de propuestas con base a los conocimientos previos del sistema productivo y su entorno; aportes a la metodología de trabajo en la investigación; evaluación de los resultados, y que generen sus propias

conclusiones. De esta manera el agricultor y extensionistas rurales interiorizarán efectivamente las soluciones y las tecnologías generadas, lo cual se reflejará en un mayor nivel de adopción.

Las capacitaciones, días de campo y talleres se constituyen como espacios fundamentales para el aprendizaje e interacción entre el productor – extensionista agropecuario – investigador, permitiendo generar confianza y procesos de intercambio de experiencias, los cuales contribuyen a la sostenibilidad e impacto futuro del desarrollo de la iniciativa. Dichos espacios deben desarrollarse acorde con el público objetivo, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la caracterización de los productores. En ese contexto, la investigación participativa se constituye como un eje fundamental para el desarrollo, implementación, adopción y empoderamiento de los resultados de investigación del proyecto.

En cuanto al número de participantes, se estableció de acuerdo con el tipo de evento. Para el caso de los talleres de divulgación, se contempló un mayor número de participantes, en tanto que para los talleres se planificó la participación de máximo 30 asistentes, porque esa población de participantes permite desde el punto de vista didáctico que el investigador Agrosavia o el equipo técnico puedan interactuar e involucrar a los participantes en las actividades de investigación. Por otra parte, el número de personas se planifica con el indicador que se planteó en el proyecto y está acorde con el espacio físico en el cual se realizarán cada uno de los eventos.

Las capacitaciones, días de campo y talleres de fortalecimiento técnico, promoverán un efecto de difusión del conocimiento y apropiación de técnicas que los productores, estudiantes y asistentes técnicos puedan obtener producto de su participación en los eventos, contribuyendo al fortalecimiento de las capacidades locales y en cierta medida a favorecer una mejora en la seguridad alimentaria de las comunidades vinculadas al proyecto.

Términos de referencia para los procesos de capacitación de los asistentes a las actividades

A partir del reconocimiento del territorio, las áreas sembradas y la caracterización de la población, que se realizará en los municipios donde el proyecto tendrá acciones y teniendo en cuenta los resultados que se esperan obtener en cada uno de los objetivos se definen los siguientes parámetros de selección:

a. Criterios y requisitos de participación de los asistentes a las actividades

Los asistentes a las actividades deberán residir en el departamento del Cauca y ser prestadores de servicios de asistencia técnica, extensión agropecuaria, asesoramiento, consultoría y/o productores de quinua. Para este criterio se tendrá en cuenta las características del público objetivo definido por AGROSAVIA:

Productor Agropecuario: Persona natural o jurídica que se dedica a la producción de bienes agropecuarios, es responsable en la toma de las principales decisiones del sistema productivo ejecutado en su unidad productiva agropecuaria-UPA.

Asistente técnico agropecuario: Persona profesional, técnica o tecnóloga que brinda asesoría directa en campo, utilizando los conocimientos, experiencias y herramientas adquiridas para el manejo eficiente del sistema

productivo. Por tanto, adelanta procesos de vinculación tecnológica orientados a responder problemáticas específicas de una o más UPAs.

Los requisitos específicos para la participación en cada una de las actividades propuestas se definen a continuación:

Talleres de investigación participativa (dirigidos a productores y sus familias)

- Ser productor del cultivo de quinua
- Tener establecido el cultivo de quinua en un municipio del departamento del Cauca

Talleres de estilos de aprendizaje (dirigidos a productores y extensionistas/asistentes técnicos agropecuarios)

- Ser productor de quinua.
- Ser extensionista/asistentes técnicos agropecuarios y tener conocimiento en el sistema productivo del cultivo de quinua

Demostraciones de método (dirigidos a productores y extensionistas/asistentes técnicos agropecuarios)

- Ser productor de quinua.
- Ser extensionista/asistentes técnicos agropecuarios y tener conocimiento en el sistema productivo del cultivo de quinua

Días de campo (destinado a productores)

- Ser productor del cultivo de quinua.
- Ser extensionista/asistentes técnicos agropecuarios y tener conocimiento en el sistema productivo del cultivo de quinua

b. Criterios y metodología de evaluación y calificación para seleccionar los asistentes y puntajes para cada uno de ellos:

Se priorizará la participación de grupos asociativos. A cada asociación se le asignará un cupo de participantes para cada evento. También se contemplará la participación de productores individuales. Cabe aclarar que no se empleará una metodología de evaluación y calificación para seleccionar a los asistentes y un puntaje para cada uno de ellos, por cuanto es un evento abierto para las personas que cumpla con los criterios anteriormente mencionados y soportados en la “Guía para la planeación y desarrollo de actividades de transferencia de tecnología” (Anexo 1).

c) *Condiciones de compromiso de los beneficiarios para contribuir con el objeto del proyecto.*

Se establecen como condiciones de compromiso de los beneficiarios para contribuir con el objeto del proyecto, que deben participar de forma presencial y activamente en el 100% de la duración de los eventos de vinculación de conocimientos, y comprometerse a poner en práctica lo aprendido en su sistema productivo de quinua.

Temas de los talleres y perfil de los capacitadores

La descripción de cada uno de los eventos de formación se presenta en la Tabla 19.

Es importante resaltar que los gastos de desplazamiento ya se incluyen dentro del presupuesto. Los capacitadores serán los investigadores Agrosavia, y/o los profesionales contratados por el proyecto, contando con el acompañamiento del profesional de transferencia de tecnología de Agrosavia. La distribución y asignación de tiempo realizado en la hoja “Talento Humano” del presupuesto permite la participación y dedicación de ellos para los eventos de formación de capital humano. Para el caso de los gastos de desplazamiento aplican para los investigadores Agrosavia, los cuales se encuentran detallo en la hoja “Gastos de viaje” del presupuesto.

Tabla 19. Relación de eventos de vinculación y formación de capital humano, a realizar durante la ejecución del proyecto

AÑO1							
Tipo de evento	**Duración**	**Tema de la capacitación**	**Descripción**	**Espacio**	**No. De beneficiarios**	**Cantidad**	**Perfil del**
Taller	8 horas	Taller de divulgación del proyecto de quinua	Presentación del proyecto ante gobierno, instituciones, entidades, productores y demás actores de la cadena de quinua del departamento	Salón de eventos Popayán	100 personas entre asistentes técnicos, productores, entidades, academia.	1	Investigadores que lideran cada componente del proyecto
Taller	8 horas	Caracterización socioeconómica	Vincular a los actores para entregar y validar los resultados del análisis de la Caracterización socioeconómica	Auditorio en cabecera municipal o finca de productor	120 (30 por cada municipio)	4	Investigador Agrosavia. Msc. Economista
Taller	8 horas	Estilos de aprendizaje	Identificar los perfiles de los extensionistas rurales y de las organizaciones involucradas en el proceso de transferencia para definir roles dentro de la red de actores	Auditorio en cabecera municipal o finca de productor	120 (30 por cada municipio)	4	Profesional de transferencia de tecnología - Agrosavia
Taller	8 horas	Análisis financiero - exante	Construir participativamente una plantilla de costos de producción, y definir en forma preliminar la rentabilidad del sistema	Auditorio en cabecera municipal o	120 (30 por cada municipio)	4	Investigador Agrosavia. Msc. Economista

				finca de productor			
Taller	8 horas	Investigación participativa - identificación labores de poscosecha	Intercambiar información actualizada de labores poscosecha desarrolladas tradicionalmente por los agricultores	Auditorio en cabecera municipal o finca de productor	120 (30 por cada municipio)	4	Investigadores Agrosavia PhD. Y Msc. Equipo poscosecha
Taller	8 horas	Socialización entorno a los resultados de avances del proyecto	Mecanismo conjunto de evaluación de los avances de resultados anuales forjados en el desarrollo del proyecto	Auditorio en cabecera municipal o finca de productor	120 (30 por cada municipio)	4	Equipo de investigadores y profesionales
AÑO 2							
Taller	8 horas	Investigación participativa-selección fenotípica	Hacer un intercambio de conocimiento con los productores sobre la metodología de selección participativa para la evaluación de genotipos de quinua para que se constituyan como actores claves en el proceso	Fincas de productores	120 (30 por cada municipio)	4	Investigador Agrosavia. Phd. Fitomejoramiento Docente investigadora U. Cauca
Taller	8 horas	Investigación participativa- manejo agronómico:	Interlocutar con los agricultores en conceptos, principios de la agronomía y destrezas para el manejo de la fertilidad suelos, plagas y enfermedades,	Fincas de productores	120 (30 por cada municipio)	4	Equipo de investigadores y profesionales componente manejo agronomico

			necesidades hídricas de cultivo, entre otros parámetros				
Taller	8 horas	Investigación participativa- Modelos de poscosecha	Participativamente se establecerán cuatro modelos de poscosecha para productores en donde se integren las tecnologías de poscosecha	Fincas de productores	120 (30 por cada municipio)	4	Equipo de investigadores y profesionales componente manejo agronomico
Taller	8 horas	Socialización entorno a los resultados de avances del proyecto	Mecanismo conjunto de evaluación de los avances de resultados anuales forjados en el desarrollo del proyecto	Auditorio en cabecera municipal o finca de productor	120 (30 por cada municipio)	4	Equipo de investigadores y profesionales
AÑO 3							
Demostración de método	8 horas	Investigación participativa: densidad de siembra, nutrición y riego	Validar de forma participativa con los productores las densidades de siembra, el plan de fertilización y el manejo del agua para riego óptimo que acompañaran los cultivares más promisorios para el Cauca.	Fincas de productores	120 (30 por cada municipio)	4	Equipo de investigadores y profesionales
Taller	8 horas	Investigación participativa manejo y conservación de suelos y problemas fitosanitarios	Intercambio de conocimiento y experiencias de los productores sobre la selección y difusión de las mejores prácticas de labranza de suelos, rotación de cultivos e incorporación de abonos verdes y reconocimiento de los principales problemas fitosanitarios del cultivo	Fincas de productores	120 (30 por cada municipio)	4	Equipo de investigadores y profesionales

Taller	8 horas	Investigación participativa- Validación Modelos de poscosecha	Ajustes de las tecnologías de poscosecha en conjunto con los productores con el fin de generar prototipos acorde a las características de cada territorio.	Finca de productor	120 (30 por cada municipio)	4	Equipo de investigadores - Agrosavia
Taller	8 horas	Socialización entorno a los resultados de avances del proyecto	Mecanismo conjunto de evaluación de los avances de resultados anuales forjados en el desarrollo del proyecto	Auditorio en cabecera municipal o finca de productor	120 (30 por cada municipio)	4	Equipo de investigadores y profesionales
AÑO 4							
Día de campo	8 horas	Validación de los resultados y evaluación económica del sistema productivo con recomendaciones de Agrosavia	Día de campo para la presentación de los resultados obtenidos en los tres componentes del proyecto por parte de Agrosvia y de casos exitosos de la adopción: mejoramiento genético, manejo agronómico y poscosecha	Fincas de productores	120 (30 por cada municipio)	4	Equipo de investigadores y profesionales del proyecto - Agrosavia - U. Cauca
Día de campo	8 horas	Evento de entrega de líneas promisorias.	Se entregarán líneas promisorias de Quinua de buen comportamiento agronómico y de adaptabilidad a las condiciones del Departamento del Cauca.	Finca de productor	200	1	Investigador Agrosavia. Phd. Fitomejoramiento Docente investigadora U. Cauca

Año1:

- **Taller de sensibilización y divulgación:** es un evento participativo donde se presentará el proyecto, exponiendo sus objetivos, componentes, participantes, alcances, etc. Este será un encuentro de saberes valorando la experiencia y el conocimiento local, lo que permitirá ajustar aspectos técnicos conforme a las condiciones propias del territorio mediante un proceso de retroalimentación con todos los actores de la cadena. Este evento será orientado por el líder del proyecto en compañía de investigadores y la profesional de transferencia.

- **Taller de evaluación socio - económica:** En este taller se realizará la entrega de resultados de la determinación socioeconómica, la identificación de los grupos focales que permitirá la planificación de las actividades de investigación participativa y el estado inicial del análisis de redes como punto de partida para conocer su dinámica y de esa manera poder hacer un abordaje mucho más integral y sistémico. En este mismo taller se realizará la estructura de costos del sistema productivo bajo el modelo tradicional del agricultor con el fin de tener en el último año del proyecto criterios comparativos de la rentabilidad del sistema productivo manejado con las recomendaciones generadas por Agrosavia. Para esto se construirá participativamente principalmente con productores una plantilla de costos de producción, y se definirá la rentabilidad del sistema, detallando aspectos como insumos, equipos utilizados, mano de obra empleada, producción del cultivo, precio de venta del grano, etc.

- **Taller de estilos de aprendizaje**: En esta actividad se busca identificar los perfiles de los extensionistas rurales y de los demás actores u organizaciones involucrados en el proceso de transferencia con el objetivo de definir actividades y roles dentro de la red y dentro del servicio de asistentes técnicos (central de gestión u operativo, periférico de gestión u operativo), de manera que se pueda definir la mejor estrategia metodológica de transferencia según las características del público identificado.

- **Taller determinación análisis financiero de la producción de quinua Exante:** A través de esta actividad se pretende construir participativamente una plantilla de costos de producción, y definir en forma preliminar la rentabilidad del sistema, detallando aspectos como insumos y equipos utilizados, mano de obra empleada, volúmenes y precios de la producción.

- **Taller de investigación participativa- información actualizada y específica de labores poscosecha:** En compañía de agricultores y demás actores involucrados en los procesos de poscosecha se realizará el diagnóstico tecnológico del estado actual de labores de poscosecha, trillado, limpieza, secado, desaponificación y clasificación de los granos, de manera que se puedan realizarán los cálculos de capacidad, dimensionamiento, eficiencia, mantenimiento, consumo energético, entre otros. El principal objetivo consiste en identificar las principales falencias y fortalezas que tienen a nivel de ingeniería para poder diseñar y construir los equipos bajo las necesidades específicas de las comunidades y del mercado de la quinua.
- **Taller de socialización entorno a los resultados de avances del proyecto:** Mecanismo conjunto de evaluación de los avances de resultados anuales forjados en el desarrollo del proyecto. Esta actividad se requiere

para presentan los avances parciales de los resultados anuales forjados en las actividades del proyecto desarrollo del proyecto y fortalecer relacionamiento con las comunidades de los 4 municipios.

Año 2:

- **Taller de investigación participativa-selección fenotípica:** Para el proceso de adopción de germoplasma mejorado la selección participativa es de vital importancia para contar con la aceptación por parte de los agricultores y otros eslabones de la cadena, para ello se tendrá en cuenta sus conocimiento y sus criterios de selección basados en el comportamiento agronómico de los materiales genéticos en los diferentes ambientes climáticos de cada zona, así como la calidad de grano, dicha selección se llevará a cabo en floración y cosecha en las fincas de los agricultores. Los materiales más promisorios se seleccionarán teniendo en cuenta parámetros de cómo precocidad, altura y vigor de la planta, tipo, tamaño y calidad del grano, rendimiento y contenido de saponina. Esta información será utilizada para elegir conjuntamente entre investigadores- actores de la cadena germoplasma mejorado que contribuya a la formación de variedades e híbridos con características agronómicas deseables y estabilidad para disposición de los agricultores del Cauca.

- **Taller de investigación participativa- manejo agronómico:** Esta actividad de aprendizaje se desarrollará de acuerdo a las necesidades y problemas identificados por los productores en términos de manejo agronómico, descartando los contenidos de capacitación tradicional. En este proceso, los agricultores serán motivados y estimulados a descubrir conceptos, principios de la agronomía y destrezas para el manejo de la fertilidad suelos, identificación y manejo de plagas y enfermedades, necesidades hídricas de cultivo, uso y manejo del suelo, practicas conservacionistas para sostenibilidad del suelo, entre otros. A los diferentes tratamientos se les realizará seguimiento agronómico, fisiológico y fenológico con forme a las variables consignadas en las tablas 13, 14 y 15 en compañía con los agricultores para que se familiaricen con el crecimiento y desarrollo del cultivo y como las prácticas agronómicas necesarias para su optima producción.
- **Taller de investigación participativa- poscosecha:** Participativamente se establecerán cuatro sistemas modelo de poscosecha para productores de quinua en el Cauca en donde se integren las tecnologías de pre-secado, trillado, limpieza, secado y clasificación, que sirvan como base para que los actores de la cadena puedan valorarlos y decidir cual se adapta mejor a sus necesidades. Los actores de la cadena decidirán cuales son adecuados para sus condiciones.

- **Taller de socialización entorno a los resultados de avances del proyecto:** A través de esta actividad se pretende desarrollar una jornada en cada municipio para presentar avances parciales de los resultados de los diferentes componentes del proyecto y mantener interacción de las comunidades beneficiadas, con el los investigadores y el equipo técnico del proyecto los

Año 3:

- **Demostración de método – densidad de siembra, nutrición y riego:** Esta actividad busca validar las densidades de siembra, el plan de fertilización y el manejo del agua para riego óptimo que acompañaran los cultivares más promisorios para el Cauca. Para ello se establecerá un lote experimental en cuatro localidades donde se evaluarán tres densidades de siembra y cinco tratamientos de fertilización, el trabajo se realizará en compañía de los agricultores y extensionistas rurales, de esta manera se determinará cuál son las recomendaciones más adecuadas para el cultivo bajo las condiciones ambientales propias del departamento. Los productores seleccionarán las mejores recomendaciones teniendo en cuenta aspectos productivos, esfuerzo, costos, rentabilidad, entre otros, de la misma manera se seleccionarán y se darán a conocer las mejores prácticas de labranza de suelos, rotación de cultivos e incorporación de abonos verdes.

- **Talleres de investigación participativa manejo y conservación de suelos y problemas fitosanitarios:** Se harán prácticas y evaluaciones en el manejo y conservación de suelos para capacitar a los productores sobre la selección y difusión de las mejores prácticas de labranza de suelos, rotación de cultivos e incorporación de abonos verdes. Desde el componente fitosanitario se hará un reconocimiento de los principales problemas fitosanitarios del cultivo. para dar cumplimiento a lo anterior, se realizarán charlas enfocadas al reconocimiento de síntomas asociados a las enfermedades más limitantes en el sistema productivo, y mediante ejercicios prácticos se definirán métodos de muestreo para evaluación de incidencia y severidad en campo. así mismo, se capacitarán en el reconocimiento de las principales plagas de importancia económica y su daño en el cultivo, como insumo base para establecer planes de manejo.

- **Taller de investigación participativa- poscosecha:** Una vez construido el sistema modelo de poscosecha se procederá con los correspondientes ajustes de las tecnologías con el fin de lograr los resultados esperados. Para la validación de la tecnología se tendrá en cuenta aspectos como: consumo de energía, condiciones de operación, costos de inversión, operación y mantenimiento. Con un análisis de sensibilidad se evaluará la precisión de las predicciones del diseño con los datos medidos en el proceso, y la identificación de los parámetros que afectan más los resultados del proceso. Y con base en los resultados, se realizará la socialización de las recomendaciones para la implementación del sistema modelo que incluya aspectos sobre la construcción, instalación, operación, mantenimiento, costos entre otros aspectos necesarios para su correcto funcionamiento. Adicionalmente, se espera los talleres se realicen con las variedades en evaluación del objetivo de mejoramiento genético.

- **Taller de socialización entorno a los resultados de avances del proyecto:** Esta actividad se requiere para presentan los avances parciales de los resultados anuales forjados en las actividades del proyecto desarrollo del proyecto y fortalecer relacionamiento con las comunidades de los 4 municipios.

Año 4:

- **Día de campo- difusión de los resultados de los tres componentes del proyecto y evaluación económica del sistema productivo con recomendaciones de Agrosavia:** en esta actividad se invitarán a los productores y asistentes técnicos de quinua del departamento del Cauca a los ensayos de

investigación que se realicen en el proyecto, con el fin de difundir los resultados obtenidos en los tres componentes del proyecto: mejoramiento genético, manejo agronómico y poscosecha, tendiente a mostrar las tecnologías y prácticas agronómicas investigadas y seleccionadas por ellos mismos. Las fincas donde se establecieron los ensayos serán usadas como vitrinas tecnológicas y a partir de estaciones de rotación de personas se pretende mostrar de una forma teórico- práctica en intervalos de tiempo de aproximadamente 20 minutos los avances de cada componente. Se realizará y analizará la estructura de costos del sistema productivo bajo las recomendaciones técnicas desarrolladas por Agrosavia en este proyecto y se contrastarán con los datos obtenidos en el primer taller de costos, lo que permitirá visibilizar los beneficios económicos de adoptar el conocimiento y las tecnologías generadas, dando a conocer todos los beneficios de la adopción de las nuevas tecnologías en cuanto a productividad, calidad y rentabilidad.

- **Evento de entrega de líneas promisorias.** Al terminar el cuarto año de ejecución, a través de la estrategia planteada por el Plan Semilla se entregarán líneas promisorias de Quinua de buen comportamiento agronómico y de adaptabilidad a las condiciones del Departamento del Cauca. Se entregará semilla básica de siembra en un evento público que se llevará a cabo en uno de los municipios priorizados a toda la comunidad de productores. Se contará con el apoyo y participación de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del departamento del Cauca y las secretarías de agricultura (o su equivalente) a nivel municipal. Cabe aclarar que el acceso a la semilla será libre para los agricultores que tengan interés en el cultivo, no solo para los 4 municipios priorizados.

Como se describió anteriormente durante el desarrollo de la investigación de cada uno de los componentes del proyecto, se realizarán jornadas teórico-prácticas de investigación participativa. El objetivo es generar, involucrar y apropiar a los agricultores en el establecimiento, evaluación y discusión de los resultados. Los participantes serán seleccionados teniendo en cuenta su versatilidad dentro de la red elaborada en la actividad anteriormente descrita “estructurar esquemas de investigación participativa” y su nivel de compromiso para asimilar las recomendaciones y resultados. Las actividades serán transversales a los tres objetivos y consistirán en reuniones presenciales y plataformas complementarías y permanentes durante los 4 años del proyecto. Con estas acciones se busca la apropiación social de los conocimientos generados por parte de los miembros de la red de quinua para el departamento, con la que también se pretende dinamizar y facilitar los canales de difusión y comunicación de todos los actores de la red.

Todas las actividades de investigación participativa y transferencia de tecnología se encuentran consignadas en la Tabla 18. Para la metodología se seguirán los paramentos y resoluciones internas de AGROSAVIA en la “Guía para la planeación y desarrollo de actividades de transferencia de tecnología” (Anexo 1).

14.5.1 Actividad 13. Ejecutar los gastos de administración para el acompañamiento de todas las actividades del proyecto.

Para el desarrollo de todas las actividades contempladas dentro del proyecto por parte de la entidad ejecutora, se contempla la contratación del personal, transporte aéreo de personal, computadores, viajes y elementos de papelería. El detalle de lo anteriormente dicho se muestra en la hoja 09 del archivo presupuestal de Excel.

14.5.2 Actividad 14. Interventoría para el acompañamiento de todas las actividades del proyecto.

Para las actividades de interventoría contempladas dentro del proyecto y cuya contratación la adelantará la entidad territorial proponente del proyecto, se contemplan los siguientes ítems objeto de gasto: los gastos de viaje del contratista del personal designado por la Gobernación. El detalle de lo anteriormente dicho se muestra en la hoja 10 del archivo presupuestal de Excel.

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

15. CRONOGRAMA

Tabla 20. Cronograma del Proyecto

ACTIVIDAD (Meses)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
ACTIVIDAD 1. Establecimiento de genotipos de quinua en campo (Yacenia Morillo)																																																									
ACTIVIDAD 2. Caracterización y generación de líneas promisorias de Quinua por el método de Selección Panoja-surco (Yacenia Morillo)																																																									
ACTIVIDAD 3. Evaluación de líneas promisorias en cuatro localidades (Yacenia Morillo)																																																									
ACTIVIDAD 4. Estudiar los requerimientos nutricionales, utilización de coberturas vegetales y mitigación de GEI (Daniel Fernando Ortiz González y Luis Fernando Chávez Oliveros																																																									
ACTIVIDAD 5. Validación de los requerimientos nutricionales y densidades de siembra del cultivo de quinua (Daniel Fernando Ortiz González y Luis Fernando Chávez Oliveros																																																									

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

ACTIVIDAD (Meses)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
ACTIVIDAD 6. Determinar requerimiento hídrico del cultivo (Clever Becerra/Luis Fernando Chávez Oliveros																																																								
ACTIVIDAD 7. Caracterizar y manejar los problemas entomologicos (Jackeline Gaviria/Luis Fernando Chávez Oliveros																																																							
ACTIVIDAD 8. Caracterizar los problemas de enfermedades del cultivo (Diana Rodriguez/Luis Fernando Chávez Oliveros																																																						
ACTIVIDAD 9. Efectuar la caracterización tecnológica de labores de poscosecha en quinua (Jader Rodríguez Cortina)																																																						
ACTIVIDAD 10. Ajustar y validar alternativas tecnológicas para los procesos de poscosecha. (Jader Rodríguez Cortina)																																																					
ACTIVIDAD 11. Determinar las características de los sistemas de producción de quinua y evaluación económica ex-																																																					

ACTIVIDAD (Meses)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
ante de las tecnologías desarrolladas en el proyecto (José María Martínez Rioja)																																																								
ACTIVIDAD 12. Estrategia de investigación participativa, vinculación, capacitación y socialización de resultados (Luis Fernando Chávez)																																																							
ACTIVIDAD 13. Ejecutar los gastos de administración para el acompañamiento de todas las actividades del proyecto (Luis Fernando Chávez)																																																						
ACTIVIDAD 14. Interventoría para el acompañamiento de todas las actividades del proyecto.																																																					

16. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Tabla 21. Identificación de riesgos

Clasificación	Describa el objetivo, producto o actividad	Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Efecto	Medidas de mitigación	Supuestos
Riesgo de Objetivo General	Contribuir al desarrollo tecnológico del sistema productivo de Quinua del departamento del Cauca.	Asociados a fenómenos de origen humano no intencionales: aglomeración de público	Bloqueo de vías de acceso a los predios seleccionados para el establecimiento de los proyectos, debido a manifestaciones.	4. Probable	4. Mayor	Dificultad para para el acceso a los experimentos lo que no permite el registro de información que se genere en los ensayos. Incremento de costos de transporte movilizándose por vías alternas.	Que se garantice por parte de los productores seleccionados para el establecimiento de los ensayos de investigación, el cumplimiento de los compromisos adquiridos frente al manejo agronómico de aquellas prácticas que no hacen parte de este proyecto y que se comunique al equipo técnico encargado del proyecto, el desarrollo de prácticas que puedan alterar el	No se presentarán alteración de los experimentos establecidos, por parte de los productores.

Clasificación	Describa el objetivo, producto o actividad	Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Efecto	Medidas de mitigación	Supuestos
							curso normal de las investigaciones.	
Riesgo de Objetivo General	Contribuir al desarrollo tecnológico del sistema productivo de Quinua del departamento del Cauca.	Asociados a fenómenos de origen natural: atmosféricos, hidrológicos, geológicos, otros	Movimientos de masa que bloquen las vías de acceso a los lotes experimentales.	3. Moderado	4. Mayor	Dificultad para para el acceso a los experimentos lo que no permite el registro de información que se genere en los ensayos. Incremento de costos de transporte movilizándose por vías alternas.	Verificar las alertas de la mesa agroclimática del departamento y de los pronósticos climáticos del IDEAM.	No se presentará alteración de las vías por movimientos en masa
Riesgo de producto	Producto 1. Germoplasma mejorado que contribuya a la formación de variedades e híbridos de quinua del Departamento del Cauca	Asociados a fenómenos de origen natural: atmosféricos, hidrológicos, geológicos, otros	Que se presenten problemas de lluvia o sequía que impidan el establecimiento de las parcelas y el desarrollo de las actividades de mejoramiento.	3. Moderado	3. Moderado	No se pueden establecer los diferentes ensayos de evaluación	Cambiar las fechas de siembra y cosecha de los genotipos de quinua	No se presentarán alteraciones por fenómenos del clima

Clasificación	Describa el objetivo, producto o actividad	Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Efecto	Medidas de mitigación	Supuestos
Riesgo de producto	Producto 2. Recomendaciones de prácticas agronómicas sostenibles para el manejo del cultivo de la quinua.	Asociados a fenómenos de origen natural: atmosféricos, hidrológicos, geológicos, otros.	Pérdida de parcelas experimentales de quinua debido a condiciones climáticas extremas.	4.Probable	3.Moderado	No se podrían establecer los ensayos experimentales en las zonas establecidas.	Revisión del comportamiento climático en las zonas y de épocas de mayor probabilidad de riesgo agroclimático.	No se presentarán alteraciones climáticas que afecten el desarrollo del cultivo de quinua
Riesgo de producto	Producto 3. Tecnologías de poscosecha validadas para los productores de quinua.	De mercado	Que se presente una dinámica de mercado donde la importación de quinua disminuya la producción nacional	3. Moderado	3. Moderado	Dificultad en la adopción de la tecnología al tener un mercado reducido.	Que se garantice la protección arancelaria y los estímulos a la producción nacional	No se presenten problemas de importación y precios.
Riesgo de Producto	Producto 4. Plan de investigación participativa implementado para los productores de quinua en el departamento del Cauca.	Asociados a fenómenos de origen humano no intencionales: aglomeración de público	Que no se logre realizar el levantamiento de la información requerida cono soporte para la implementación y validación de tecnologías, por problemas de orden público y sociocultural.	Moderado	4. Mayor	Baja disponibilidad de información para análisis biofísico y socioeconómico y retraso de las actividades del proyecto.	Que se garantice por parte de los entes territoriales el flujo de información oportuna y el acompañamiento de líderes regionales pertenecientes a asociaciones de productores, para facilitar el acceso a la información disponible para	No se presentarán problemas de orden público ni socioculturales

Clasificación	Describa el objetivo, producto o actividad	Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Efecto	Medidas de mitigación	Supuestos
							la caracterización productiva, edafoclimática y socioeconómica. Buscar otros medios para obtener la información.	
Riesgo de actividad	Actividad 1. Establecimiento de genotipos de quinua en campo	Asociados a fenómenos de origen natural: atmosféricos, hidrológicos, geológicos, otros	Que se presenten problemas de lluvia o sequía que impidan el establecimiento de las parcelas y el desarrollo de las actividades de mejoramiento.	3. Moderado	3. Moderado	No se pueden establecer los diferentes ensayos de evaluación	Cambiar las fechas de siembra y cosecha de los genotipos de quinua	No se presentarán alteraciones por fenómenos del clima
Riesgo de actividad	Actividad 2. Caracterización y generación de líneas promisorias de Quinua por el método de Selección Panoja-surco	Asociados a fenómenos de origen biológico: plagas, epidemias	Que se presenten problemas de estrés biológicos que limiten significativamente la selección de progenies	3. Moderado	3. Moderado	Baja disponibilidad de unidades experimentales para registro de información	Tener una copia de trabajo y poblaciones mejoradas en centro de Investigación Tibaitatá.	No se presentarán alteraciones en la incidencia y severidad de enfermedades.
Riesgo de Actividad	Actividad 4. Estudiar los requerimientos nutricionales, utilización de coberturas	Asociados a fenómenos de origen humano no intencionales:	Que se presente problemas de orden público que no permita hacer el trabajo.	3. Moderado	3. Moderado	Dificultad para la ejecución de las actividades propias del proyecto.	Que se garantice por parte de los entes territoriales el flujo de información oportuna sobre	No se presentarán problemas de orden público ni socioculturales

Clasificación	Describa el objetivo, producto o actividad	Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Efecto	Medidas de mitigación	Supuestos
	vegetales y mitigación de GEI	aglomeración de público					problemas de orden público y el acompañamiento de líderes regionales pertenecientes a asociaciones de productores, para facilitar el acceso a la información disponible para la poscosecha	
Riesgo de Actividad	Actividad 10. Ajustar y validar alternativas tecnológicas para los procesos de poscosecha.	De mercado	Que se presente una dinámica de mercado donde la importación de quinua disminuya la producción nacional	3. Moderado	3. Moderado	Dificultad en la adopción de la tecnología al tener un mercado reducido.	Que se garantice la protección arancelaria y los estímulos a la producción nacional	No se presenten problemas de importación y precios.
Riesgo de actividad	Actividad 11. Determinar las características de los sistemas de producción de quinua y evaluación económica ex-ante de las tecnologías desarrolladas en el proyecto	Asociados a fenómenos de origen humano no intencionales: aglomeración de público	Por cuestiones de orden público no se pueda acceder a los sitios de colecta de materiales genéticos de quinua.	3. Moderado	3. Moderado	No se puedan colectar materiales genéticos de quinua para su posterior mejoramiento genético	Tener presentes varios puntos de colecta en los diferentes departamentos	El orden público en las regiones de colecta estará en normalidad.

Clasificación	Describa el objetivo, producto o actividad	Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Efecto	Medidas de mitigación	Supuestos
Riesgo de actividad	Actividad 11. Determinar las características de los sistemas de producción de quinua y evaluación económica ex-ante de las tecnologías desarrolladas en el proyecto	Asociados a fenómenos de origen natural: atmosféricos, hidrológicos, geológicos, otros	Que se presenten problemas de derrumbes en la vía, inundaciones u otro tipo de fenómeno natural que impida el acceso a las zonas para realizar el levantamiento de información primaria correspondiente a los sistemas de producción.	4. Probable	4. Mayor	No se puede colectar información para la caracterización del sistema de producción.	Tener presentes puntos alternativos de colecta de información en los diferentes departamentos	
Riesgo de actividad	Actividad 12. Estrategia de investigación participativa, vinculación, capacitación y socialización de resultados	Asociados a fenómenos de origen humano no intencionales: aglomeración de público	Por cuestiones de orden público no se pueda acceder a los sitios de seguimiento, evaluación y socialización de resultados	3. Moderado	3. Moderado	No se puede colectar datos de seguimiento, evaluación y socialización de resultados	Tener presentes puntos alternativos de colecta de información en los diferentes departamentos	
Riesgo de actividad	Actividad 12. Estrategia de investigación participativa, vinculación, capacitación y	Asociados a fenómenos de origen natural: atmosféricos, hidrológicos,	Que se presenten problemas de derrumbes en la vía, inundaciones u otro tipo de	4. Probable	4. Mayor	No se puede colectar datos de seguimiento, evaluación y	Tener presentes puntos alternativos de colecta de información en	

Clasificación	Describa el objetivo, producto o actividad	Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Efecto	Medidas de mitigación	Supuestos
	socialización de resultados	geológicos, otros	fenómeno natural que impida el acceso a las zonas para realizar el seguimiento, evaluación y socialización de resultados.			socialización de resultados	los diferentes departamentos	

17. SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

Se asume el compromiso con la sostenibilidad del proyecto, en las siguientes líneas de acción:

Sostenibilidad Técnica:

El proyecto busca contribuir a aumentar la productividad y competitividad del sistema productivo de quinua en el departamento del Cauca a través de actividades de investigación que permitan generar ofertas de conocimiento y tecnológicas para que el productor disponga de: material de quinua mejorado y de amplia adaptabilidad para el departamento; recomendaciones validadas para el manejo agronómico sostenible e integral del cultivo de la quinua; tecnologías para las labores de poscosecha; a través de la implementación de un plan de investigación participativa que permita transferir a los actores de la cadena las alternativas generadas y propiciar la adopción de las mismas.

El proyecto por parte de Agrosavia se enmarca en tres ejes principales, orientados en su accionar como Motor, Actor y Soporte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Como Motor, se contribuye con la respuesta a las demandas de investigación de la cadena de quinua del departamento a través de formulación de esta propuesta y con la presencia en la región del equipo técnico de investigadores que hacen parte del proyecto, a nivel de Doctorado, Maestría y Pregrado, manteniendo comunicación continua con el sector productivo, extensionistas agropecuarios y la academia, articulado a su vez con los ejes estratégicos del plan de desarrollo departamental. Como Actor, se contribuye con la sostenibilidad del proyecto, a través de su ejecución, propiciando el intercambio de conocimientos con técnicos y productores del departamento, en donde se combina la disciplina y rigor del método científico con la vocación y conocimientos empíricos de los productores de la región, teniendo como escenarios comunes los cultivos de quinua. Como soporte, se contribuye con la sostenibilidad, a través del fortalecimiento de las competencias de los productores y extensionistas Agropecuarios, a través de la divulgación de los resultados generados por este proyecto y la que se encuentre disponible para el sistema de producción quinua. Como estrategia de sostenibilidad a largo plazo, se propone la generación de diversos planes de adopción tecnológica.

Los resultados obtenidos contribuirán al cambio técnico del sector quinuero tanto del departamento del Cauca, como a nivel Nacional, constituyéndose como referente para productores, extensionistas agropecuarios y otros actores de la cadena en Colombia, potenciando el desarrollo de espacios de intercambio de conocimiento de entidades regionales y nacionales, mediante estrategias de socialización como foros, seminarios, encuentros, días de campo y conferencias.

Para Agrosavia, desarrollar investigación en el cultivo de quinua, se constituye como una oportunidad para que la entidad se convierta en un referente a nivel nacional y mundial, desarrollando un trabajo conjunto con la Universidad del Cauca e investigadores que lideran procesos de investigación en quinua en el país.

Sostenibilidad Social:

El proyecto “Desarrollo de nuevas recomendaciones tecnológicas para contribuir con la competitividad y sostenibilidad del sector quinuero del departamento del Cauca”, le apunta al fortalecimiento de la producción

de conocimiento y tecnología para el sistema productivo de quinua y además pretende robustecer el capital humano de la región (productores, extensionistas agropecuarios, academia) a través de procesos de vinculación y trasferencia de tecnología. Así como el fortalecimiento de infraestructura en términos de equipos de laboratorios para posteriores desarrollos tecnológicos en el departamento, proceso en el cual se va a promover la participación ciudadana a través de las TIC.

Aunque el proyecto impacta 4 de las 7 subregiones del departamento del Cauca, se propenderá por extrapolar sus resultados a las demás subregiones a través de estrategias como la Agenda dinámica de investigación ejecutada por Agrosavia, con el fin de que el sistema productivo sea reconocido e incorporado a las red de innovación "Transitorios y Agroindustriales", favoreciendo la estructuración, ejecución y priorización de futuras iniciativas de investigación, lo cual favorecerá la continuidad y réplica de resultados favorables en otros municipios y regiones del país.

Priorizar, fortalecer y promover el trabajo asociativo en el sistema productivo de quinua del departamento del Cauca a través de las estrategias de transferencia de tecnología y procesos de investigación que se desarrollen por parte de Agrosavia y demás aliados estratégicos que participen de la ejecución del proyecto, se constituye como garantía para favorecer la sostenibilidad de los resultados e impactos generados en la iniciativa y contribuirá indirectamente a fortalecer temas relacionados con la comercialización y generación de valor agregado.

Las acciones desarrolladas en el proyecto pretenden fortalecer la cadena productiva de quinua en Colombia, fundamentada en el afianzamiento del capital social, donde los diferentes eslabones contribuyan a generar sinergias, a reducir los costos de transacción y a aumentar la rentabilidad; con una visión integral a largo plazo en torno al mejoramiento de la productividad y la competitividad del sector quinuero.

Sostenibilidad ambiental: Desde el punto de vista científico, la ejecución de este proyecto de investigación contribuirá a la identificación de sistemas de manejo del suelo que además de mejorar su calidad para incrementar la productividad (económicamente atractivo) y sostenibilidad agrícola (ecoeficiencia en el uso del suelo), contribuyan a promover la mitigación de los GEI (Gases de Efecto Invernadero) protegiendo de la degradación de las áreas destinadas al cultivo en la región. Desde el punto de vista tecnológico, serán identificados sistemas de manejo con características de alta productividad y de preservación ambiental, los cuales serán divulgados en reuniones y conferencias a grupos de agricultores y en actividades de asistencia técnica. En cuanto a recursos humanos, permitirá capacitar a diferentes niveles con el fin de contribuir a la conservación del suelo en sistemas de producción de los cultivos transitorios.

Con la implementación de prácticas conservacionistas de manejo de suelos (abonos verdes y la rotación/asociación de cultivos) los productores reducirán los costos de producción, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo la aireación, estructura, porosidad y capacidad de retención de agua, manteniendo un equilibrio para el control de plagas y enfermedades. Por lo tanto, el productor con el cultivo de la quinua dispondrá de mejores alternativas de producción amigables con el ambiente y sostenibles en el tiempo. Con dichas prácticas, se asegurará la conservación de los suelos y fuentes hídricas, se incrementará la fertilidad, se hará más oportuno el control plagas-enfermedades, se mitigará la problemática

de la sequía. Todas estas prácticas se desarrollarán durante el proceso de obtención de materiales mejorados que presenten mayor adaptabilidad a las condiciones agroecológicas de las zonas productoras y que a su vez expresen todo su potencial genético en cuanto a los rendimientos y calidad del grano.

Los resultados obtenidos en el proyecto de investigación permitirán identificar zonas con alto potencial de emisión de GEI en áreas cultivadas con quinua y prácticas agrícolas potencialmente mitigadoras de estas emisiones a nivel regional, representando una herramienta fundamental para que el productor identifique las mejores prácticas y sistemas de manejo del suelo y de rotación con base el asocio de quinua con policultivos (Haba, Arveja, Papa o Maíz), con características de alta productividad.

Sostenibilidad económica: El proyecto busca en los productores beneficiarios mejorar la productividad, rentabilidad y sostenibilidad del cultivo de la quinua a través del uso y empoderamiento de las tecnologías propuestas y desarrolladas en el proyecto, favoreciendo unas adecuadas prácticas de manejo agronómico y agroindustrial, y el uso eficiente de recursos biofísicos y financieros.

El proyecto con la apuesta de valor contempla en la estructura de I+D+i la base en las demandas del sector plasmadas en el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agroindustrial - PECTIA, permitiendo fortalecer la cadena productiva de la quinua, estimulando la agroindustria familiar, favoreciendo la diversificación de ingresos, las oportunidades de mejor acceso de alimentos, de tal manera que consolida al departamento del Cauca como un referente productivo y comercial, dada la creciente demanda en el consumo de la quinua a escala nacional e internacional.

18. REQUISITOS SECTORIALES AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

Por su carácter el proyecto maneja algunos aspectos de agricultura y desarrollo rural, lo cual obliga al cumplimiento de los requisitos sectoriales establecidos en el Anexo 5 del acuerdo 045 del 14 de noviembre del 2017 y aplica únicamente para el primer subsector (“I. Proyectos que promuevan el desarrollo rural o agropecuario, el fortalecimiento y fomento de la productividad y competitividad de los productos, el fomento a para producción, la asistencia técnica, asociatividad, alianzas productivas, la formalización empresarial, infraestructura productiva y generación de valor agregados en los productos agropecuarios como centros de acopio, plantas de transformación, redes de frio, plantas de beneficiario, desprese, desposte, almacenamiento y expendio de productos de abasto público, central de abastos y similares “); en este sentido se describe los ítems que aplican:

a) Tipo de actividad productiva que se va a implementar: Se establecerá el sistema productivo de la Quinua en áreas experimentales localizadas en cuatro localidades del departamento del Cauca, con miras a aumentar la disponibilidad de alternativas en dicho departamento, mediante la generación de líneas promisorias con amplia adaptación, tolerantes a las principales plagas y enfermedades más limitantes del cultivo, de alto rendimiento y calidad de grano, recomendaciones técnicas para el manejo agronómico sostenible e integral del cultivo de la quinua, el incremento de tecnologías para las labores de poscosecha, así como la implementación un plan de investigación participativa para vincular las alternativas de producción generadas.

Es importante aclarar que los fines no son comerciales, la finalidad es generar conocimiento a partir de la investigación, transferir dicho conocimiento enfocado a la aplicación y uso de técnicas alrededor del manejo del cultivo.

b) Áreas de producción, la producción estimada, volúmenes, la caracterización del producto y periodo de cosecha se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22. Producción estimada, volúmenes, la caracterización del producto y periodo de cosecha.

Cultivo	Unidad	Área	Producción t/ha	Cosecha (3 años)	Producción total (3 años)	Caracterización del Producto	Períodos de cosecha
Quinua	Ha	560	Rendimiento promedio de 1.3 ton/ha	2	2.800 ton	Se trata de ensayos en áreas pequeñas, la caracterización del producto final es parte de los resultados de la investigación adaptados, validados y evaluados de acuerdo a las condiciones del departamento del Cauca.	La cosecha se realiza entre los cinco o seis meses después de la siembra según el ciclo vegetativo de la variedad. La cosecha puede durar hasta 1 mes

19. ANEXOS

Anexo 1. Acta - construcción de la Agenda I+D+i para la cadena de quinua del departamento del Cauca

Corpoica	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria	ACTA DE REUNIÓN Acta No: Consecutivo	CÓDIGO: SE-F-01 Versión:3 Fecha de aprobación 01-09-2014

TEMA: Construcción de la agenda I+D+i para la cadena de quinua - Departamento del Cauca

LUGAR: Salón de eventos Hotel Valle de Pubenza Hora inicio: 9:00 am Hora final: 3:30 pm

FECHA: 16 de maryo de 2016

I. Seguimiento de acciones/compromisos relacionados con el tema de la presente reunión. No aplica si es la primera vez que se aborda el tema.

	Acción de seguimiento	Resultados / Comentarios	Nueva acción (si se requiere)	Responsable / Fecha
1				

II. Temas a tratar en la reunión:

	Asunto / Tarea	Decisiones / Comentarios	Acciones	Responsable / Fecha
1	Saludo y presentación de asistentes	Se hizo un saludo y un reconocimiento a los actores por participar en el ejercicio de construcción de la Agenda I+D+i para la cadena de quinua, destacando la importancia de conocer las necesidades y requerimientos que tiene la quinua en investigación, desarrollo e innovación.	Se procedió a la presentación de cada uno de los actores que hicieron presencia en el desarrollo del ejercicio.	Actores de la cadena
2	Presentación del PECTIA y Plataforma siembra	Se hizo una presentación sobre el PECTIA, destacando que las agendas de investigación regionales se constituyen como insumo para el Pectia y se hizo énfasis en la plataforma Siembra como un medio para conocer las demandas de investigación.	Los actores de la cadena de quinua se mostraron motivados a participar dada la importancia del taller.	Heydi Carolina Garavito

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Corpoica	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria	ACTA DE REUNIÓN Acta No: Consecutivo	CÓDIGO: SE-F-01 Versión:3 Fecha de aprobación 01-09-2014

	Asunto / Tarea	Decisiones / Comentarios	Acciones	Responsable / Fecha
3	Presentación: perspectivas de Corpoica para Quinua	El investigador, Dr. Luis Fernando Campuzano hizo una presentación sobre los avances en investigación que han desarrollado diferentes instituciones en quinua y sus principales resultados obtenidos. También se hizo énfasis en el ejercicio previo realizado en el CIAT en donde participaron actores a nivel nacional y se desarrolló un diagnóstico de los cuellos de botella de la cadena de la quinua en Colombia y el establecimiento de estrategias y acciones para darles solución	Los actores conocieron los avances en investigación que se tienen en quinua y los espacios en donde se han venido discutiendo las necesidades de la cadena.	Luis Fernando Campuzano
4	Presentación Metodología del taller	La Coordinadora de Innovación regional presentó la metodología del taller relacionando cada una de las etapas	Se inició el desarrollo del taller	Cindy Marcela Guzmán
5	Identificación y clasificación de los limitantes de investigación	Los actores identificaron los limitantes de investigación que se presentan en la cadena y posteriormente se realizó la clasificación de las mismas en cada una de las áreas.	Se hizo consenso con todos los actores sobre la clasificación y surgieron nuevas limitantes que no habían sido abordadas	Actores
6	Identificación de brecha	De acuerdo con las limitantes se identificaron las brechas y se clasificaron (alta, media, baja) de acuerdo al grado de investigación existente y su inherencia con las limitantes.	Dado que la investigación en quinua aún es escasa, la mayor parte de limitantes presentaron una brecha alta.	Actores
7	Construcción de demandas de investigación e identificación de tipo de I+D+I requerida	A partir de las limitantes identificadas y las brechas relacionadas, se procedió a construir las demanda de investigación para la cadena de quinua, teniendo en cuenta el enfoque regional	Se construyeron 14 demandas de investigación para la cadena	Actores
8	Priorización	Una vez identificadas las demandas se hizo una priorización de las mismas, realizando un ejercicio en consenso con los diferentes actores	Se obtuvo la priorización de las 14 demandas	Actores
9	Identificación de roles y eslabones	Cada actor identificó el rol o roles que desempeña en la cadena y el eslabón o eslabones que forma parte	Llenar un formato para consolidar la información de cada uno de los actores	Cindy Marcela Guzmán
10	Elaboración mapa de red	Fueron identificados los actores que asistieron al taller, siendo reconocidas las relaciones entre ellos en el último año. También se relacionaron los actores que deben ser incluidos	Se hizo un análisis sobre el mapa de red	Cindy Marcela Guzmán

Corpoica

PROCESO
SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN
REGISTRO DE PARTICIPANTES A REUNIONES DE TRABAJO

Tema de reunión:	Construcción de la Agenda I+D+i para Quinua en el Departamento del Cauca.						
Fecha:	16-Marzo-2016	Hora inicio:	9:00 AM	Hora finalización:	4:00 PM	Sede:	Sede P
Departamento:	Cauca	Municipio:	Popayán			Lugar:	Hotel Vo
Nombre del Responsable (Corpoica):	Cindy Marcela Guzmán M.	Responsables Futuras (asignación, tiempos, asociaciones, personal):					

No.	Nombre y Apellidos	No. Identificación	Institución / Dependencia	Ocupación/ Cargo	Dirección	Teléfono/ Celular	Email	
1	[illegible]	17391483	Prodesic	Técnico	Cra 8 # 7-04 Bolívar - Cauca	3157654584	[illegible]	
2	[illegible]	[illegible]	Prodesic	As. Técnico	Popayán. Cauca	3137844776	[illegible]	
3	Juan Carlos Burbano P	10733383	PRODESIC	As Técnico	8346715-55	3137827581	[illegible]	
4	Diego Fernando Imbachí R	16334061	Productor	Productor.	El Rosal S.B.	3108926107		Diego F
5	Jesus Enrique Valdiri	1061699363	CREPIC	Consultor	Cra 10a # 1N-63	3105701824	[illegible]	[illegible]
6	[illegible]	[illegible]	Crepic	Popayán	Cra 10 # 1N-63	3216386740	[illegible]	[illegible]
7	Redad Hoyos F.	34320429	CREPIC	Pl. Apoyo	Cra 10A # 1N-63	3212032869	[illegible]	[illegible]
8	Lizardo Narvaez	4632646	San Juan	Productor	San Juan. Bolívar	3206923515		Lizardo
9	Mario Fidel Mayor	14.205.744	Funco P	Rep. legal	Calle 10 N°1N-04	3137584986	[illegible]	[illegible]
10	[illegible]	16638674	Corpoica	IA PhD	Vigía	3124910773	[illegible]	[illegible]
11	Mabel Delgado Narvaez	1124852405	Sede Cauca	Pda Primario	Sec. Agricultura	3122397697	[illegible]	[illegible]
12	Nestor Eduardo Medina	76323317	PRODESIC	Asist Técnico	Popayán Cauca	3127407986	[illegible]	[illegible]

Corpoica

PROCESO

SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

REGISTRO DE PARTICIPANTES A REUNIONES DE TRABAJO

No.	Nombre y Apellidos	No. Identificación	Institución / Dependencia	Ocupación / Cargo	Dirección	Teléfono / Celular	E-mail	
13	Francisco Montaño	76330.361	Cob Cacra	Gerente Proyecto	Cra 6 calle 17a Cob.	3007343607	gerencia@cacra.gov.co	
14	Narciso Mallerjo	4648477	Agrosavia	Representante	guachicono	320 2425165		
15	Jorge Eliecer Mejia M.	76027859	Agrosavia	Representante	guachicono	3192571222		
16	[illegible]	3[illegible]	Agrosavia	Representante	guachicono	31[illegible]		
17	Juan Carlos Muñoz	10731981	Quinoa Huila	Representante	Parque el Centro	3215383044	[illegible]	
18	Leyre Vera	24533293	Parque Biopolítico	Concejo Municipal de [illegible]	Km 13 Vía Pal. - Belén	3103741241	[illegible]	
19	Paola Rosero B.	1130619556	Corpoica	Prof. Apoy. Inv.	Popayán	3104125887	[illegible]	
20	Adelaida Carvajal A.	1030631181	Corpoica	Prof. Apoyo	C.I. Tibaitata	4227300 ext 1136	[illegible]	
21	Héctor J. Saavedra T.	4190842	Corpoica	Asist. Invest.	Popayán	3123239700	[illegible]	
22	Cindy Marcela Guzmán	1061772809	Corpoica	Coordinadora	Sede Popayán	3144927783	[illegible]	
23								
24								
25								
26								
27								
28								

20. BIBLIOGRAFÍA

Aita, C.; Giacomini, S.J. (2007). Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre nos diversos sistemas de exploração agrícola. In: Yamada, T.; Stipp E Abdalla, S.R.; Vitti, G.C. Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba, SP: International Plant Nutrition Institute (INPI). cap.1, p.1-41.

Airong, F. A. J. (2001). A Knowledge-Based Integrated System of Academic Information Resources--An Introduction to the ISI Web of Knowledge [J]. New Technology of Library and Information Service, 6.

Alianza "Cadena Agroalimentaria de la Quinua", 2005). Informe de estudio de preinversión. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Proyecto Apoyo a Alianzas Productivas y Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería. Bogotá, Diciembre de 2005. 122 p.

Alimi, T., y Manyong, V. M. (2000). *Partial Budget Analysis for On-Farm Research*. Nigeria: International Institution of Tropical Agriculture

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper No 56. Food and Agriculture Organization, Land and Water. Rome, Italy.

Alluvione, F. et al. Nitrous oxide and carbon dioxide emissions following green manure and compost fertilization in corn. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.74, n.2, p.384-395, 2010.

Almeida, J. A. (2015). Mejoramiento del proceso de quinua (*Chenopodium quinua*, W), en el Centro Poscosecha de granos andinos IMBANDINO, MAGAP-IMBABURA (Bachelor's thesis).

Álvarez V, Leite RA (1992) Fundamentos estadísticos das fórmulas usadas para cálculos dos índices dos nutrientes no sistema integrado de diagnose e recomendação - DRIS. En: Reunião Brasileira de Fertilidade do solo e Nutrição de plantas,20, Piracicaba. Anais Piracicaba, pp.186-188.

Agrosavia, Equipo de Trabajo del proyecto Plan Nacional Semilla (IPD Diego Ariztizabal Quintero). Macro del Proyecto Plan Nacional Semilla 2015. 04 de diciembre de 2014.

Amado, T.J.C.; Bayer, C.; Eltz, F.L.; Brum, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 25: 189-197, 2001.

Apaza VD, Rodríguez A, Mujica A, Canahua & Jacobsen S (2006). Producción de Quinua de Calidad, Estación Experimental Illpa– Puno - Perú, 16 p.

Apaza, V., Caceres, G., & Pinedo, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú (No. CIDAB-SB191. Q2-A5c). Ministerio de Agricultura y Riego (Perú) Instituto Nacional de Innovación Agraria Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Aracena, G., & Bitancor, M. EVALUACIÓN DE CUATRO FERTILIZANTES EN LA PRODUCCIÓN DE QUINUA EVALUATION OF FOUR FERTILIZER PRODUCTION QUINUA.

Ávila P, Etchevers J (1988) Efecto de la profundidad de siembra y la fertilización N P K sobre la emergencia y producción de materia seca y composición química de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).

Baggs, E.M. et al. Nitrous oxide emissions following application of residues and fertiliser under zero and conventional tillage. Plant and Soil, Dordrecht, v.254, n.2, p.361-370, 2003.

Barragán, A. (19 de septiembre de 2014). La quinua es nutrición y desarrollo económico para el cauca. http://www.periodicolacampana.com/la-quinua-es-nutricion-y-desarrollo-economico-para-el-cauca/ (consultado 31/02/17)

Barth C, Krause GH, Winter K (2001) Responses of photosystem I compared with photosystem II to high-light stress in tropical shade and sun leaves. Plant Cell Environ 24:163–176 Bartholomew, D. J., Steele, F., Moustaki, I., & Galbraith, J. I. (2008). *Analysis of multivariate social science data*, 2a Edición.

Bateman, E. J., & Baggs, E. M. (2005). Contributions of nitrification and denitrification to N_2O emissions from soils at different water-filled pore space. Biology and Fertility of Soils, Berlin, 41(6), 379-388.

Bayer, C.; Gomes, J.; Zanatta, J.A.; Vieira, F.; Dieckow, J. (2016). Mitigating greenhouse gas emissions from a subtropical Ultisol by using long-term no-tillage in combination with legume cover crops. Soil & Tillage Research, v. 161, p. 86-94.

Beaufils, E. R. (1973). Diagnosis and recommendation Integrated system (DRIS). A

Benlhabib, O., Boujartani, N., Maughan, P. J., Jacobsen, S. E., & Jellen, E. N. (2016). Elevated Genetic Diversity in an F2: 6 Population of Quinoa (Chenopodium quinoa) Developed through an Inter-ecotype Cross. Frontiers in Plant Science, 7.

Bertero, H. D., and Ruiz, R. A. (2008). Determination of grain number in sea level quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. *Eur. J. Agron.* 28, 186–194. doi: 10.1016/j.eja.2007.07.002

Bon, J., & Kudra, T. (2007). Enthalpy-Driven Optimization of Intermittent Drying. *Drying Technology*, *25*, 523-532.

Borrero Tamayo, G. A., Jiménez, J., Ricaurte Oyola, J. J., Rivera, M., Polanía Perdomo, J. A., Núñez, J., & Rao, I. M. (2017). Manual de protocolos. Nutrición y fisiología de plantas-Forrajes y fríjol.

Bouwman, A.F.; Stehfest, E.; Van Kessel, C. (2010). Nitrous oxide emissions from the nitrogen cycle in arable agriculture: Estimation and mitigation. In: Smith, K. A. (Ed.) Nitrous oxide and climate change. London: Earthscan, p. 85-106.

Burnham, J. F. (2006). Scopus database: a review. Biomedical digital libraries, 3(1), 1.

Bradbury, P.J., Zhang, Z., Kroon, D. E., Casstevens, R. M., Ramdoss, Y., Buckler, E. S. (2007) TASSELL Software for association mapping of complex traits in diverse samples. Bioinformatics, 23: 2633-2635.

Brady, C. T., Rosen, R., Sang, S., Karwe, V. (2007). Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. *Food Chem*. *100*, 1209-1216.

Broman, K. W., Wu, H., Sen, S., & Churchill, G. A. (2003) R/qtl: QTL mapping in experimental crosses. *Bioinformatics*, *19*(7), 889-890.

Calla, J., & Cortez, G. (2011). Guía Técnica Curso– Taller "Post Cosecha y Transformación de Quinua Orgánica", Puno Perú, 30 p.

Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005). Microeconometrics: Methods and applications.

Chantigny, M. H. (2003). Dissolved and water-extractable organic matter in soils: a review on the influence of land use and management practices. *Geoderma, Amsterdam*, *113*(3-4), 357-380,

Cardona, C., & Mesa, N. C. (2015). Entomología económica y manejo de plagas. Primera ed. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Colección Pacífico, Serie Ciencias Agropecuarias. 308 p.

Castellanos Domínguez, O. F., Torres Piñeros, L. M., & Domínguez Martínez, K. P. (2009). Manual metodológico para la definición de agendas de investigación y desarrollo tecnológico en cadenas productivas agroindustriales.

Chaparro, D. C., Portilla, R. Y., Elizalde, A., Vivas, N. J., Erazo, C. A. (2010). Efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, *8*(1), 35-42.

Catchen, J., Hohenlohe, P. A., Bassham, S., Amores, A., & Cresko, W. A. (2013). Stacks: an analysis tool set for population genomics. *Molecular Ecology*, *22*(11), 3124-3140. doi:10.1111/mec.12354

Chávez, L. F. (2011). Balanço da emissão de gases de efeito estufa em Argissolo Vermelho sob sistemas de cultura em plantio direto. 2011. 120 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

Chivenge, P.P. et al. (2007). Long-term impact of reduced tillage and residue management on soil carbon stabilization: Implications for conservation agriculture on contrasting soils. *Soil & Tillage Research, Amsterdam*, 94(2), 328-337.

Costa, F.S., et al. (2008). Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, *32*(1), p.323-332.

Crossa, J., Jarquin, D., Franco, J., Perez-Rodriguez, P., Burgueno, J., Saint-Pierre, C., Vikram, P., Sansaloni, C., Petroli, C., Akdemir, D., Sneller, C., Reynolds, M., Tattaris, M., Payne, T., Guzman, C., Pena, R. J., Wenzl, P., & Singh, S. (2016). *Genomic Prediction of Gene Bank Wheat Landraces*, G3 (6), 1819-1834.

Danielsen, S., & Ames, T. (2000). El mildiu (*Peronospora farinosa*) de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en la zona andina. Centro Internacional De La Papa (CIP), Lima, Perú.

Danielsen, S., Jacobsen, S. E., Echegaray, J., & Ames, T. (1999). Impact of downy mildew on the yield of quinoa. CIP Program Rep. 1999-2000:397-401.

Deaton, A. (1997) *The analysis of household surveys: A microeconometric approach*. World Bank.

Delgado, P., Adriana, I., Palacios, C., Jaime, H., & Betancourt, G. (2009). Evaluation of 16 genotypes of sweet quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) in the municipality of Iles, Nariño (Colombia). Agronomía Colombiana, 27(2): 159-167.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia DANE (2018). Estadísticas agropecuarias. Web: https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2015). Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC), 2015. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. Bogotá, 152 p. (35, 48, 73, 74)

Domínguez, S. S. (2003). Quinoa—Postharvest and Commercialization. Food Reviews International 19 (1-2):191-201. doi:10.1081/FRI-120018885Elshire RJ, Glaubitz JC, Sun Q, Poland JA, Kawamoto K, Buckler ES, Mitchell SE (2011) A Robust, Simple Genotyping-by-Sequencing (GBS) Approach for High Diversity Species. Plos One 6 (5): e19379.

Encina-Zelada, C., Cadavez, V., Pereda, J., Gomez-Pando, L., Salva-Ruíz, B., Teixeira, J., Ibañez, M., Liland, K., & Gonzales-Barron, U. (2017). Estimation of composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) grains by Near-Infrared Transmission spectroscopy. *Food Science and Technology*, *79*, 126-134.

Fajardo, H., García, M., Raes, D., & Van Gaelen, H. (2016). Validación Del Modelo Aquacrop Para Diferentes Niveles De Fertilidad En El Cultivo De Quinua En El Altiplano Boliviano. *Revista CINTEX*, *21*(2), 31-52.

FAO. (2014). Tendencias y perspectivas del comercio internacional de la Quinua, Santiago, Chile, 2014

FAO. (2016). FAOSTAT Statistical databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available: http://faostat.fao.org/ (consultado 31/03/17).

FAO. (2016). Guía de Identificación y Control de las principales plagas que afectan a la quinua en la zona andina. Fondo para el desarrollo sostenible. http://www.fao.org/3/a-i5519s.pdf. Acceso: 31 marzo 2017.

FAO-IFA. (2004). Estimaciones globales de las emisiones gaseosas de NH3, NO y N2O provenientes de las tierras agrícolas. Roma: FAO, 110 p.

Federer, W. (1961) Augmented Designs with One-Way Elimination of Heterogeneity. *Biometrics*, *17*(3), 447-473.

Federer, W., Reynolds, M., Crossa, J. (2001). Combining Results from Augmented Designs over Sites. Agron J, *93*, 389-395.

Ferreira, D.S., Pallone, J. A. L., Poppi, R. J. (2015). Direct analysis of the main chemical constituents in *Chenopodium quinoa* grain using Fourier transform near-infrared spectroscopy. *Food Control*, *48*, 91-95.

Foster, A. D., & Rosenzweig, M. R, (1995). Learning by Doing and Learning from Others: Human Capital and Technical Change in Agriculture. *Journal of Political Economy*, *103*(6), 1176-1209

Foster, A. D., & Rosenzweig, M. R. (2010) Microeconomics of Technology Adoption (January 21). Yale University Economic Growth Center Discussion Paper No. 984; Yale Economics Department Working Paper No. 78. Disponible enSSRN: https://ssrn.com/abstract=1540038

Fourcaud, T., Zhang, X., Stokes, A., Lambers, H., & Körner, C. (2008). Plant growth modelling and applications: the increasing importance of plant architecture in growth models. *Annals of Botany*, *101*(8), 1053-1063.

Franzluebbers, A.J. (2005) Soil organic carbon sequestration and agricultural greenhouse gas emissions in the southeastern USA. *Soil & Tillage Research, Amsterdam*, *83*(1), 120-147, 2005.

Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, *9*, 463-4936.

Gallagher, J. N., Biscoe, P. V. (1978). Radiation absorption, growth and yield of cereals. *The Journal of Agricultural Science*, *91*(01), 47-60.

Gobernación del Cauca. (2018). http://cauca.gov.co/noticias/quinua-caucana-protagonista-en-la-economia-del-posconflicto-0. Visitado 02 de febrero de 2017.

Goker, M., Garcia-Blazquez, G., Voglmayr, H., Telleria, M. T., & Martin, M. P. (2009). Molecular taxonomy of phytopathogenic fungi: a case study in Peronospora. *PLoS One*, *4*(7): e6319.

Gomaa, E. F. (2013). Effect of Nitrogen, Phosphorus and biofertilizers on quinoa plant (*Chenopodium quinoa). Journal of Applied Science and Research*, *9*, 5210-5222.

Gomes, J., Bayer, C., Costa, F., Piccolo, M. C., Zanatta, J. A., Vieira, F. C. B. & Six, J. (2009). Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crop-based crop rotations under subtropical climate. *Soil & Tillage Research, Amsterdam*, *106*(1), 36-44.

Gómez, L., & Aguilar, E. (2016). Guía del cultivo de quinua. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

González, J. A., Ponessa, G. I., Buedo, S. E., Mercado, M. I., & Prado, F. E. (2014). Asimilación fotosintética máxima en variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa*) de diferentes orígenes geográficos y su relación con la morfología foliar. *Lilloa*, *51*(2), 177-193.

Gonzalez, J. A., Erazzú, L. E., Buedo, S., & Blanco, M R. (2016). Efecto de la densidad de siembra sobre variables morfológicas y rendimiento granario en *Chenopodium quinoa* Willd var. Cica cultivadas en amaicha del valle (Tucumán–Argentina). V Congreso Mundial y II Simposio Internacional de Granos Andinos.

González, M. I., Wells, G., Fischer, S., & Escuredo, O. (2013). Chemical characteristics and mineral composition of quinoa by near-infrared spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *94*(5), 876-81.

Ferreira, D. S., & Pallone Poppi, R. J. (2015). Direct analysis of the main chemical constituents in Chenopodium quinoa grain using Fourier transform near-infrared spectroscopy. *Food Control*, 4891e95

Gamborg, O. L., Miller, R. A., Ojima, K. (1968). Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. Experimental Cell Research, 50(1), 151-8.

Goszczynska, T., Serfontein, J. J., & Serfontein, S. (2000). Introduction to Practical Phytobacteriology: A Manual for Phytobacteriology. ARC - Plant Protection Research Institute, 83 p.

Guerrero, 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 Doctorado. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 133 p.

Heiser, C. B., & Nelson, D. C. (1974). On the origin of the cultivated chenopods (*Chenopodium*). *Genetics*, *78*(1), 503-505.

Higuera Mora, N. C., Calivá, E., Maphorogo, S., Sutter, E., Brathwaite, C. W. D., Macaya Trejos, G., & Cruz Molina, A. (2011). Relación del agroecosistema quinua con los medios de vida y seguridad alimentaria de pequeños productores de la zona andina colombiana (No. Thesis H638). CATIE, Turrialba (Costa Rica).

Idohou, R., Peterson, A. T., Assogbadjo, A. E., Vihotogbe, R. L., Padonou, E., & Gle`le` Kakaı,¨ R. (2016). Identification of potential areas for wild palm cultivation in the Republic of Benin through remote sensing and ecological niche modeling. *Genetic Resources and Crop Evolution*. DOI 10.1007/s10722-016-0443-7.

[Ica] Instituto Colombiano Agropecuario. Resolución 3168 (7 septiembre, 2015). "Por medio de la cual se reglamenta y controla Ja producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para fa comercialización y siembra en el país, asi como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramlento y se dictan otras disposiciones. Diario oficial. Bogotá, 2015. No. 47648. 97 p.

[Ica] Instituto Colombiano Agropecuario. Resolución 3888 (17 diciembre, 2015). "Por medio de la cual se adiciona un artículo transitorio y se modifica la Resolución ICA 3168 de 2015". Diario oficial. Bogotá, 2015. No. 49730. 19 p.

Inguilán, J. y C. Pantoja. 2007. Evaluación y selección de 16 selecciones promisorias de quinua dulce (*Chenopodium quinua* Willd.) en el municipio de Córdoba, departamento de Nariño. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 87 p.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Decreto 931 "Por el cual se crea el Sistema de Trazabilidad Vegetal y se incluye como título 11 de la parte 13 del Libro 2 del Decreto 1071 de 2015, Único Reglamento del Sector Administrativo Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural". 28 de marzo de 2018.

IPCC. (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007: the physical science basis. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Jacobsen, S. E., & Jørgensen, I., & Stølen, O. (1994). Cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under temperate climatic conditions in Denmark. *The Journal of Agricultural Science*, *122*(01), 47-52.

Jacobsen, S. E., & Sherwood, S. (2002). Cultivo de granos andinos en Ecuador: Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Editorial Abya Yala.

Jacobsen, S. E., Mujica, A., & Ortiz, R. (2003). The global potential for quinoa and other Andean crops. Food Reviews International, 19(1-2): 139-148.

Jager, M. (2015). "El cultivo de la quinua en Colombia y sus perspectivas futuras". Memorias del Taller. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Cali, Colombia. 55 p.

Jarvis, D. E., Kopp, O. R., Jellen, E. N., Mallory, M. A., Pattee, J., Bonifacio, A., Coleman, C. E., Stevens, M. R., Fairbanks, D. J., & Maughan, P. J. (2008). Simple sequence repeat marker development and genetic mapping in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Genetics*, 87, 39-51.

Jarvis, D. E., Ho, Y. S., Lightfoot, D. J., Schmockel, S. M., Li, B., Borm, T. J., Ohyanagi, H., Mineta, K., Michell, C. T., Saber, N., Kharbatia, N. M., Rupper, R. R., Sharp, A. R., Dally, N., Boughton, B. A., Woo, Y. H., Gao, G., Schijlen, E. G., Guo, X., Momin, A. A., Negrao, S., Al-Babili, S., Gehring, C., Roessner, U., Jung, C., Murphy, K., Arold, S. T., Gojobori, T., Linden, C. G., van Loo, E. N., Jellen, E. N., Maughan, P. J., Tester, M. (2017). The genome of *Chenopodium quinoa*. *Nature*, *542*(7641), 307-312.

Kaul, H. P., Kruse, M., & Aufhammer, W. (2005). Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *European journal of agronomy*, *22*(1), 95-100.

Kitz, L (2008). Evaluation of downy mildew (*Peronospora farinosa* f. sp. *Chenopodii*) resistance among quinoa genotypes and investigation of *P. farinosa* growth using scanning electron microscopy. Brigham Young University,

Lambers, H., Chapin III, F. S., & Pons, T. L. (2008). Photosynthesis. In Plant physiological ecology (pp. 11-99). Springer New York.

Levy, P. S, & Lemeshow, S. (2008). *Sampling of populations: Methods and applications*, 4th edition

Logan-Young, C. J., Yu, J. Z., Verma, S. K., Percy, R. G., & Pepper, A. E. (2015). SNP Discovery in Complex Allotetraploid Genomes (*Gossypium* spp., Malvaceae) Using Genotyping by Sequencing. *Applications in Plant Sciences*, *3*, 1400077

Lovato, T. et al. (2004). Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, *28*(1), 175-187.

Luedeling, E., Kindt, R., Huth, N. I., & Koenig, K. (2014). Agroforestry systems in a changing climate: challenges in projecting future performances. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *6*, 1-7.

(MADR) Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2016). La quinua en Colombia es uno de los cultivos con gran potencial de crecimiento. p. 2

Maldonado, T., Almaguer, V., Álvarez, S., & Robledo, S. (2008). Diagnóstico nutrimental y validación de dosis de fertilización para limón persa. *Terra Latinoamericana*, *26*(4), 341-349.

Manners, J. C. (1993). Principles of Plant Pathology. 2nd Ed, Cambridge, USA.

McFadden, D. (1973). Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Be. In: Zarembka, P., Ed., Frontiers in Econometrics, Academic Press, New York, 105-142.

Medrano, A. M. (2009). Consecuencias del incremento de la producción de quinua en el altiplano sur de Bolivia. Ciencia y Tecnología agraria, 116 - 122.

Mhada, M., Ezzahiri, B., & Benlhabib, O. (2015). Assessment of downy mildew resistance (Peronospora farinosa) in a quinoa (Chenopodium quinoa willd) germplasm. *International Journal of Biological & Medical Research*, *6*(1), 4748-4752.

Maughan, P. J., Smith, S. M., Rojas-Beltrán, J. A., Elzinga, D., Raney, J. A., Jellen, E. N., Bonifacio, A., Udall, J. A., & Fairbanks, D. J. (2012). Single Nucleotide Polymorphism Identification, Characterization, and Linkage Mapping in Quinoa. *The Plant Genome Journal*, 5(3), 114.

Mazón, N., Peralta, E., Murillo, A., Rivera, M., Guzmán, A., Pichazaca, N., & Nicklin, C. (2016). It's not just the technology, it's the surrounding system: How researchers in Ecuador found ways to make themselves useful to farmers through quinoa and lupin seed systems. *Experimental Agriculture*, 1-18.

Miranda, A. M., Vega-Gálvez, J., López, G., Parada, M., Sanders, M., Aranda, E., Uribe, K., Scala, D. (2010). Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd. *Industrial Crops and Products*, *32*, 258-263

Moncada, G. W., González Martín, M. I., Escuredo, O., Fischer, S., & Míguez, M. (2013). Multivariate calibration by near infrared spectroscopy for the determination of the vitamin E and the antioxidant properties of quinoa. *Talanta*, 116 (Supplement C), 65-70. doi:https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.04.079

Nitsch, J. P., & Nitsch, C. (1969). Haploid Plants from Pollen Grains. *Science*, *163*, 85-87.

Nieto-Cabrera, C., Francis, C., Caicedo, C., Gutiérrez, P. F., & Rivera, M. (1997). Response of four Andean crops to rotation and fertilization. *Mountain Research and Development*, volumen, 273-282.

Nieto, C., & Vimos, C. (1992). La Quinua, Cosecha Y Poscosecha Algunas Experiencias En Ecuador. INIAP Archivo Histórico.

Núñez, V. M., Suescún, L. B., Sánchez, E. P., Gómez G., & García, F. L. (2011). Producción de plantas genéticamente puras en uchuva, *Physalis peruviana*. Agrosavia.

Oberthür, T., Läderach, P., Posada, H., Fisher, M. J., Samper, L. F., Illera, J., Collet, L., Moreno, E., Alarcón, R., Villegas, A., Usma, H., Perez, C., & Jarvis, A. (2011). Regional relationships between inherent coffee quality and growing environment for denomination of origin labels in Nariño and Cauca, Colombia. *Food Policy*, *36*(6), 783-794. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.07.005

Oliveira, S. D., & Sousa, D. (1993). Uso do DRIS Modificado na interpretação de análise de solo para soja no leste de Mato Grosso. En Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (Vol. 24, pp. 83-84). Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Pando, L. G., & Castellanos, E. A. (2016). Guía de cultivo de la quinua. FAO. Roma, Italia.

Pappa, V. A., Rees, R. M., Walker, R. L., Baddeley, J. A., & Watson, C. A. (2011). Nitrous oxide emissions and nitrate leaching in an arable rotation resulting from the presence of an intercrop. *Agriculture, Ecosystems & Environment, Oxford*, *141*(1-2), 153-161.

Parra, M. Á. G., Molano, J. F. G., Ortíz, D. I. M., & Oyola, Y. A. D. (2017). Respuesta agronómica de la Quinua (chenopodium quinoa willd) variedad dulce de Soracá a la fertilización en Ventaquemada-Boyacá. *Cultura científica*, (15), 66-77.

Peterson, A., Jacobsen, S. E., Bonifacio, A., & Murphy, K. (2015). A Crossing Method for Quinoa. *Sustainability*, 7, 3230-3243.

Pinedo, R., Gómez, L., & Julca, O. (2017a). Caracterización de sistemas de producción de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en el distrito de Chiara, Ayacucho. Aporte Santiaguino, 10(2), 351-364.

Pinedo, R., Gómez, L., & Julca, O. (2018). Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua (Chenopodium quinoa Willd.). Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 5(15), 399-409. doi: 10.19136/era. a5n15.1734.

Plata, G., Bonifacio, A., Navia, O., & Gandarillas, A. (2014). Las enfermedades en el cultivo de la quinua. En: Saravia R, Plata G, Gandarillas A (eds.) Plagas y Enfermedades del cultivo de la Quinua. Cochabamba, BO. Fundacion PROINPA.pp 83-132.

Pulgar Vidal, J. (1954). La quinua o suba en Colombia. Ministerio de Agricultura, Fichero Científico Agropecuario. Bogotá, Colombia.

Pulvento C, Riccardi M, Lavini A, d'Andria R, Lafelice G, Marconi E (2010) Field Trial Evaluation of Two Chenopodium quinoa Genotypes Grown Under Rain-Fed Conditions in a Typical Mediterranean Environment in South Italy. *Journal Agronomy & Crop Science*, *196*(6), 407-411.

Radcliffe, E. B., Hutchison, W. D., & Cancelado, R. E. (Eds.) (2008). Radcliffe's IPM World Textbook [Online]. University of Minnesota, St. Paul, MN. http://ipmworld.umn.edu/ (verificado 21 Diciembre 2017)

Ramirez, A. (2013). The Influence of Social Networks on Agricultural Technology Adoption. Procedia - Social and Behavioral Sciences 79 (Supplement C), 101-116. doi:https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.05.059

Restrepo LAM (2005) Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia. *Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, *15*(25), 103-119.

Risco, M. A. & Mattos, C. L. (2015). Severidad de *Peronospora variabili*s Gäum. En *Chenopodium quinoa* willd. 'Pasankalla' como respuesta a aplicaciones de fungicidas sintéticos y bioestimulantes. Anales Científicos, 76 (2): 382-392.

Rojas, W., & Patiño, F. (2014). Zonas Agroecológicas de producción de quinua. En: Saravia R, Plata G, Gandarillas A (eds.) Plagas y Enfermedades del cultivo de la Quinua. Cochabamba, BO. Fundacion PROINPA; Pp 11-16.

Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I. S., Antognoni, F., Martinez-Mosqueira, E. A., & Bazile, D. (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. *A review. Agronomy for sustainable development*, 34(2), 349-359.

Santana J das, G, Leandro, W. M., Naves, R. V., Cunha, P. P. (2008). Normas DRIS para interpretação de análises de folha e solo, em laranjeira pêra, na região central de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, *38*, 109-117.

Sañudo, B. Arteaga, G. Betancourth, C. Zambrano, J. y Burbano, E. 2005. Perspectivas de la quinua dulce para la región andina de Nariño. Pasto: Unigraf, 74 p.

Saravia, R., Mamai, A., Bonifacio, A., & Alcon, M. (2011). Diagnóstico de los enemigos naturales de las plagas del cultivo de quinua. Fundación PROINPA. Informe anual 2010-2011. Rubro Granos Altoandinos. Cochabamba, BO. 215 p.

Saravia, R., & Bonifacio, A. (2014). Fases y etapas fenológicas del cultivo de la quinua. En: Saravia R, Plata G, Gandarillas A (eds.) Plagas y Enfermedades del cultivo de la Quinua. Cochabamba, BO. Fundación PROINPA; pp 17-22.

Saravia, R., Quispe, R., Villca, M., & Lino, V. (2014). Insectos plaga del cultivo de la quinua: El complejo Noctuideo. En: Saravia R, Plata G, Gandarillas A (eds.) Plagas y Enfermedades del cultivo de la Quinua. Cochabamba, BO. Fundacion PROINPA; 148 p. pp. 23-82.

Serra, A. P., Marchetti, M. E., Rojas, E. P., & Vitorino, A. C. T. (2012). Beaufils ranges to assess the cotton nutrient status in the southern region of Mato Grosso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, *36*(1), 171-182.

Sey, B.K. et al. (2008). Carbon dioxide and nitrous oxide content in soils under corn and soybean. *Soil Science Society of America Journal, Madison*, *72*(4), 931-938.

Schaad, N. W., Jones, J. B. & Chun, W. (2001). Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria, Third Edition. American Phytopathological Society, 373 p.

Slatkin, M. (2008). Linkage disequilibrium - understanding the evolutionary past and mapping the medical future. Nature Reviews Genetics, 9(6), 477-485.

Snyder, C. S. et al. (2009). Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effect. *Agriculture, Ecosystems and Environment, Oxford*, *133*(3-4), 247-266.

Stolarski, T., Nakasone, Y., & Yoshimoto, S. (2018). Engineering analysis with ANSYS software. Butterworth-Heinemann.

Tapia, M. (1979). La quinua y la kañiwa: cultivos andinos (Vol. 40). Bib. Orton IICA/CATIE.

Tapia, M. E., & Fries, A. M. (2007). Guía de los cultivos andinos. FAO y ANPE Lima.

Tapia, M. (2012). La quinua: historia, distribución geográfica, actual producción y usos. Ambienta: *La revista del Ministerio de Medio Ambiente*, *99*, 104-119.

Tedesco, M.J. et al. (1995). Analise de solo, plantas e outros materiais, 2 ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 174 p.

Testen, A. L., Jiménez-Gasco, M. M., Ochoa, J. B., & Backman, P. A. (2014). Molecular detection of Peronospora variabilis in quinoa seed and phylogeny of the quinoa downy mildew pathogen in South America and the United States. *Phytopathology*, *104*, 379-386.

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.

Train, K. (2009). Discrete Choice Methods With Simulation. 10.1017/CBO9780511805271.

UNODC. (2017). Colombia: Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2016.https://www.unodc.org/documents/colombia/2017/julio/CENSO_2017_WEB_baja.pdf. Visitado: 10 de julio de 2017

Wadt, P. G. S. and J. R. M. Dias. (2012). Regional and inter-regional DRIS norms for nutritional evaluation of Conilon coffee. Pesquisa Agropecuária Brasileira 47:822-30.

VantagePoint, (18 de diciembre del 2019). Now more than ever, today's markets are globally connected. By utilizing the power of AI, VantagePoint has continued to empower traders for nearly 40 years. Recuperado de https://www.vantagepointsoftware.com/

Walworth, J. L., & Sumner, M. E. (1987). The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). In Advances in soil science (pp. 149-188). Springer New York.

Wang, S., Basten, C. J., & Zeng, Z. B. (2011). Windows QTL Cartographer 2.5. Department of Statistics, North Carolina State University, Raleigh, NC.

Watson, A, Ghosh, S., Williams, M. J., Cuddy, W. S., Simmonds, J., Rey, M. D., Hatta, M. A. M., Alison Hinchliffe, A., Steed, A., Reynolds, D., Adamski, N. M., Breakspear, A., Korolev, A., Rayner, T., Dixon, L., Riaz, A., Martin, W., Ryan, M., Edwards, D., Batley, J., Raman, H., Carter, J., Rogers, C., Domoney, C., Moore, G., Harwood, W., Nicholson, P., Dieters, M. J., DeLac, I. H., Zhou, J., Uauy, C., Boden, S. A., Park, R. F., Wulff, B. B. H., & Hickey, L. T. (2018). Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding. *Nature Plants*,

Weber, M. A., & Mielniczuk, J. (2009). Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, *33*(2), 429-437.

Wood, B. A., Blair, H. T., Gray, D. I., Kemp, P. D., Kenyon, P. R., Morris, S. T., & Sewell, A. M. (2014). Agricultural Science in the Wild: A Social Network Analysis of Farmer Knowledge Exchange. *PLOS ONE*, *9*(8), e105203. doi:10.1371/journal.pone.0105203

Yasui, Y., Hirakawa, H., Oikawa, T., Toyoshima, M., Matsuzaki, C., Ueno, M., Mizuno, N., Nagatoshi, Y., Imamura, T., Miyago, M., Tanaka, K., Mise, K., Tanaka, T., Mizukoshi, H., Mori, M., & Fujita, Y. (2016). Draft

genome sequence of an inbred line of *Chenopodium quinoa*, an allotetraploid crop with great environmental adaptability and outstanding nutritional properties. *DNA Research*, *23*(6), 535-546-

Yu, X., Li, X., Guo, T., Zhu, C., Wu, Y., Mitchell, S. E., Roozeboom, K. L., Wang, D., Wang, M. L., Pederson, G. A., Tesso, T. T., Schnable, P. S., Bernardo, R., & Yu, J. (2016). Genomic prediction contributing to a promising global strategy to turbocharge gene banks. *Nature Plants*, *2*, 16150.

Zhao, R. F., Chen, X. P., Zhang, F. S., Zhang, H., Schroder, J., & Römheld, V. (2006). Fertilization and nitrogen balance in a wheat–maize rotation system in North China. *Agronomy Journal*, *98*(4), 938-945.

Links en internet

El departamento de Cauca es pionero en quinua. (19 de marzo de 2013). HSB noticias. Visitado en: http://hsbnoticias.com

Año internacional de la quinua, un futuro sembrado hace miles de años. Noticias FAO. Visitado en: http://www.fao.org/quinoa-2013/es/

Cultivo ancestral de quinua vuelve a florecer en el Cauca. (29 de noviembre de 2017). Agencia de noticias UN. Visitado en: http://www.palmira.unal.edu.co/index.php/noticias

MinAgricultura fortalece agro negocios de 1.930 familias del Cauca. (20 de Septiembre de 2016). http://www.agronet.gov.co/Noticias/ Visitado: 10 de julio de 2017.

DANE, (2016). Informe de coyuntura económica regional. Disponible: https://www.dane.gov.co/files/icer/2015/ICER_Cauca2015.pdf. Visitado: 04 de Octubre de 2017.

AGRONET (2016).