



Comparación de métodos y tecnologías del proceso productivo de quinua del pueblo indígena Misak con otro cultivo de la región cundiboyacense haciendo énfasis en la minimización del consumo de agua para la conservación del servicio ecosistémico de aprovisionamiento

Angela Patricia Pacheco Sanguino

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, 25 de mayo de 2018

Comparación de métodos y tecnologías del proceso productivo de quinua del pueblo indígena Misak con otro cultivo de la región cundiboyacense haciendo énfasis en la minimización del consumo de agua para la conservación del servicio ecosistémico de aprovisionamiento

Angela Patricia Pacheco Sanguino

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Director (a):
Jhon Fredy Arias Duque

Línea de Investigación:
Mercados Verdes

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia

2018

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se responsabiliza de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Agradecimientos

En primer lugar quisiera agradecerle a mi director Jhon Fredy Arias Duque, porque gracias a sus conocimientos y el apoyo constante fue posible el desarrollo de este proyecto.

Un agradecimiento especial también a la señora Nelly Correa López y al indígena Misak Juan Carlos Muelas, quienes me recibieron en sus casas amablemente y compartieron conmigo su sabiduría y experiencias.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	1
Abstract	2
1. Introducción	3
2. Planteamiento del problema	4
3. Preguntas de investigación	5
4. Objetivos	5
4.1. <i>Objetivo General</i>	5
4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5
5. Justificación	5
5.1. <i>Justificación Ecológica</i>	6
5.2. <i>Justificación Socio-Cultural</i>	6
5.3. <i>Justificación Económica</i>	6
6. Marco de referencia	7
6.1. <i>Estado del arte</i>	7
6.1.1. <i>Global</i>	7
6.1.2. <i>Regional</i>	7
6.1.3. <i>Local</i>	7
6.2. <i>Marco Geográfico</i>	8
6.2.1. <i>Estudio de caso pueblo indígena Misak</i>	8
6.2.2. <i>Estudio de caso finca El Porvenir</i>	9
6.3. <i>Marco Normativo</i>	10
6.4. <i>Marco Teórico</i>	13
6.4.1. <i>Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible</i>	13
6.4.2. <i>Buenas Prácticas Agrícolas</i>	14
6.4.3. <i>Uso eficiente y Ahorro del Agua</i>	14
6.5. <i>Marco Conceptual</i>	15
6.5.1. <i>Conceptos asociados al proceso productivo de quinua</i>	15
6.5.2. <i>Métodos de desaponificación de quinua</i>	17
6.5.3. <i>Variedades o ecotipos de quinua</i>	19
7. Metodología	20
7.1. <i>Metodología objetivo específico 1: Diagnosticar el desarrollo actual de cada una de las etapas del proceso productivo de la quinua para los dos cultivos</i>	22

7.2. Metodología objetivo específico 2: Realizar un análisis comparativo de los métodos y tecnologías empleadas en los dos procesos productivos, enfatizando la etapa de lavado	22
7.3. Metodología objetivo específico 3: Definir la mejor alternativa para el ahorro y uso eficiente del agua en la fase de lavado.	23
8. Plan de trabajo	25
9. Resultados, análisis y discusión	26
9.1. Resultado objetivo específico 1: Diagnosticar el desarrollo actual de cada una de las etapas del proceso productivo de la quinua para los dos cultivos	26
9.1.1. Etapas del proceso productivo estudio de caso pueblo indígena Misak	26
9.1.2. Etapas del proceso productivo estudio de caso finca El Porvenir	32
9.2. Resultado objetivo específico 2: Realizar un análisis comparativo de los métodos y tecnologías empleadas en los dos procesos productivos, enfatizando la etapa de lavado.	39
9.2.1. Consumo de agua estudio de caso pueblo indígena Misak	50
9.2.2. Consumo de agua estudio de caso finca El Porvenir	51
9.3. Resultado objetivo específico 3: Definir la mejor alternativa para el ahorro y uso eficiente del agua en la fase de lavado.	53
9.3.1. Métodos y tecnologías con carácter de réplica entre cultivos	53
9.3.2. Alternativas para el uso eficiente y ahorro del agua en la fase de desaponificación	55
9.3.3. Evaluación de alternativas para el uso eficiente y ahorro del agua	64
10. Conclusiones	67
11. Recomendaciones	68
12. Referencias Bibliográficas	70
Anexos	73

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Marco legal y normativo aplicable al estudio de caso	11
Tabla 2. Características de las principales variedades o ecotipos de quinua en Colombia	19
Tabla 3. Matriz metodológica	21
Tabla 4. Cronograma de actividades	25
Tabla 5. Matriz de pensamiento del ciclo de vida pueblo indígena Misak	40
Tabla 6. Matriz de pensamiento del ciclo de vida finca El Porvenir	42
Tabla 7. Análisis de convergencias y divergencias de los estudios de caso	43
Tabla 8. Consumo de agua por Kg de quinua pueblo indígena Misak	51
Tabla 9. Consumo de agua por Kg de quinua finca El Porvenir	52
Tabla 10. Matriz de análisis de alternativas	65
Tabla 11. Significado de la matriz de alternativas	65
Tabla 12. Rangos de calificación de la matriz de alternativas	66

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Grano de quinua y saponina.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2. Ubicación geográfica del estudio de caso pueblo indígena Misak</i>	<i>9</i>
<i>Figura 3. Ubicación geográfica del estudio de caso finca El Porvenir</i>	<i>10</i>
<i>Figura 4. Flor y fruto de quinua</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5. Maquina secadora</i>	<i>28</i>
<i>Figura 6. Medidor de humedad de grano portátil</i>	<i>30</i>
<i>Figura 7. Maquina seleccionadora.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 8. Almacenamiento y embalaje</i>	<i>31</i>
<i>Figura 9. Diagrama de flujo pueblo indígena Misak</i>	<i>32</i>
<i>Figura 10. Rastrojo para siembra directa</i>	<i>33</i>
<i>Figura 11. Invernadero para secar las panojas</i>	<i>35</i>
<i>Figura 12. Tamo resultado de la trilla</i>	<i>35</i>
<i>Figura 13. Adaptación de molino de maíz.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 14. Secado de quinua sobre angeo plástico.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 15. Quinua transformada.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 16. Diagrama de flujo estudio de caso finca El Porvenir.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 17. Datos de consumo de agua en la desaponificación pueblo indígena Misak</i>	<i>50</i>
<i>Figura 18. Datos de consumo de agua en la desaponificación finca El Porvenir</i>	<i>51</i>
<i>Figura 19. Consumo de agua en los dos estudios de caso</i>	<i>52</i>
<i>Figura 20. Métodos y tecnologías con carácter de réplica entre cultivos</i>	<i>54</i>
<i>Figura 21. Proceso tradicional artesanal de desaponificación en el Altiplano Boliviano</i>	<i>55</i>
<i>Figura 22. Características técnicas de la microbeneficiadora a pequeña escala.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 23. Producto final en la microbeneficiadora.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 24. Proceso de limpieza de quinua con escarificadora artesanal</i>	<i>59</i>
<i>Figura 25. Prototipo de escarificadora mejorada.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 26. Método de limpieza y desaponificación tradicional en Subachoque</i>	<i>62</i>
<i>Figura 27. Generador de Van de Graaff</i>	<i>63</i>
<i>Figura 28. Experimentos con generador electrostático Van de Graaff.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 29. Diseño final de maquina electrostática.....</i>	<i>64</i>

Resumen

La quinua en Colombia ha evidenciado una creciente demanda en el mercado orgánico nacional e internacional durante los últimos años, con un área sembrada de 2.500 hectáreas, cuya producción es de 4.781 toneladas al año. Estos cultivos están sustentados básicamente en pequeños productores, 40% de los cuales son grupos indígenas, 80% de ellos ubicados en el suroccidente del país. Este alimento ha sido catalogado por la FAO como uno de los granos llamados a soportar la seguridad alimentaria del mundo en los próximos años, ya que para el 2020 el país tendrá sembradas 10.000 ha de quinua orgánica y convencional, una producción aproximada a las 20.000 ton con las que se beneficiarán con empleo a cerca de 20.000 familias (MinAgricultura, 2016). Sin embargo, el proceso de limpieza del grano para retirar su sabor amargo producido por la saponina, demanda volúmenes considerables de agua y largas jornadas de trabajo para los pequeños agricultores.

Por esta razón, se tomaron como punto de partida dos estudios de caso de diferentes regiones del país, uno en el pueblo indígena Misak en Silvia, Cauca; y otro en la finca El Porvenir en Tibasosa, Boyacá con el fin de comparar métodos y tecnologías empleadas para cada etapa del proceso productivo, además del consumo de agua en la desaponificación. El desarrollo del trabajo fue posible mediante visitas de campo para recolectar información, recopilación bibliográfica, uso de matrices de alternativas y de pensamiento del ciclo de vida para el análisis de información, diagramas de flujo, entre otros; mediante los cuales se pudo determinar que el estudio de caso de Tibabosa, Boyacá tuvo más prácticas positivas con carácter de réplica en el otro cultivo, además registró un bajo consumo de agua en la desaponificación con un ahorro del 47,3% respecto al otro cultivo y del 24% respecto a lo encontrado en la literatura.

Finalmente, mediante la revisión bibliográfica previamente realizada se pudo definir algunas de las alternativas más adaptables a los estudios de caso, dándole una calificación a cada una teniendo en cuenta aspectos ecológicos, socioculturales y económicos, en donde se identificó una escarificadora artesanal de quinua que realiza la desaponificación en seco como la alternativa más viable de aplicar en cualquiera de los cultivos.

Palabras clave: Desaponificación, consumo de agua, proceso productivo

Abstract

Quinoa in Colombia has evidenced a growing demand in the national and international organic market during the last years, with an area sown of 2,500 hectares, whose production is of 4,781 tons per year. These crops are supported by small producers, 40% of which are indigenous groups, 80% of them are in the southwest of the country. This food has been cataloged by FAO as one of the grains called for food security in the world in the coming years, it is expected that by 2020 Colombia will have 10,000 hectares of organic and conventional quinoa, an approximate production of 20,000 tons which will benefit around 20.000 families with work (MinAgricultura, 2016). However, the process of cleaning the grain to remove the bitter taste produced by the saponin, requires a considerable volume of water and long working hours for small farmers.

For this reason, the case studies of different regions of the country were taken as starting point, in the Misak indigenous village in Silvia, Cauca; and another in the El Porvenir farm in Tibasosa, Boyacá, in order to compare methods and technologies used for each stage of the production process, in addition to the water consumption in the desaponification. The development of the work was possible through field visits for information collection, bibliographic compilation, use of alternative matrices and life cycle analysis for the information review, flow diagrams, among others; it was possible to determine that the case study of Tibabosa, Boyacá had more positive practices a low consumption of water in the desaponification with characteristics of action in the other crop, in addition, a low consumption of water in the disapproval with a saving of 47.3% and of 24% respect to what is found in the literature.

Finally, through the literature review, an adaptation was made of the most adaptable alternatives to the case studies, giving a score to each one according with ecological, sociocultural and economic aspects, where an artisanal dry scarification of quinoa was identified as the most viable alternative to apply in any of the crops.

Key words: Desaponification, water consumption, productive process

1. Introducción

La quinua es una planta del género *Chenopodium quinoa* Wild, originaria de América del Sur y distribuida en los países que pertenecían al antiguo imperio Inca, especialmente en aquellos ubicados sobre la cordillera de los andes, desde la parte sur de Colombia pasando por el Ecuador, Perú, Bolivia y la parte norte de Chile. Su favorable adaptabilidad climática y edafológica ha permitido ampliar las zonas de cultivo en estas geografías; por ejemplo, en Colombia, promoviendo de esta manera la diversificación de la explotación de sus características nutricionales, contenido de proteínas, vitaminas y minerales.

Esta especie es llamada pseudocereal porque no pertenece a la familia de las gramíneas que es en la que están los cereales «tradicionales». En Colombia se encuentra cultivada en los departamentos de Nariño, Cauca, Boyacá y Cundinamarca gracias a su amplio rango latitudinal, creciendo desde el nivel del mar hasta cerca de los 4000 m.s.n.m., en zonas con precipitaciones de 0 a 1000 mm, en suelos de diferentes texturas y en un rango de temperaturas debajo de cero a más de 30°C. Por último, la tecnología usada en este cultivo es bastante variable, desde aquella tradicional hasta aquella moderna altamente tecnificada.

De acuerdo a su contenido de saponinas se puede clasificar en dulce (<0,11%) o amarga (>0,11%), en esta última la presencia de saponinas es uno de los principales factores antinutricionales y problemas de poscosecha debido a que tienen un sabor fuertemente amargo y para ello se hace necesario analizar y seleccionar un método de desaponificación teniendo en cuenta criterios de costo beneficio, al cual los productores tengan acceso con el fin de aumentar la productividad. La cantidad de saponinas cambia de acuerdo a la variedad, sustancia que al no ser retirada dificulta los procesos de transformación, y a su vez estas constituyen un subproducto que puede ser aprovechado dándole un valor agregado y generando nuevos productos.

Aunque la variedad de quinua sea dulce, esta sigue teniendo pequeñas cantidades de saponina, por lo cual para eliminarla, en la mayoría de zonas rurales de Colombia, se emplean métodos tradicionales por vía húmeda, el cual consiste en someter el grano a lavados con abundante agua, lo que demanda a su vez tiempo y trabajo para el agricultor. Los lavados se realizan mediante cambios sucesivos de agua y por fricción de los granos entre sí –con las manos- hasta eliminar las capas superficiales de los granos y con ellas las saponinas, hasta que en los residuos líquidos se forme espuma.

De esta manera, el propósito del presente trabajo de investigación es comparar métodos y tecnologías del proceso productivo de quinua en dos estudios de caso, uno correspondiente a la finca El Porvenir en Tibasosa, Boyacá; y el otro correspondiente al pueblo indígena Misak en Silvia, Cauca; resaltando el consumo de agua en la etapa de desaponificación, así como la identificación de alternativas para su minimización y el reconocimiento de prácticas positivas entre cultivos para su posterior replicación.

En este sentido, este trabajo de investigación da en primer lugar información a cerca de la ubicación geográfica de los dos estudios de caso en cuestión, así como una conceptualización sobre temas asociados al proceso productivo de la quinua, la normativa relacionada y una recopilación de artículos basados en la optimización del recurso hídrico para el lavado de la quinua. Posterior a esto, se realiza una descripción de la metodología utilizada para el desarrollo de los objetivos, los cuales son presentados en un solo capítulo denominado *Resultados, análisis y discusión*; con el fin de presentar la información de manera más organizada, en donde se describe inicialmente el desarrollo que le da cada

estudio de caso a las etapas del proceso productivo de la quinua en la precosecha, cosecha y poscosecha; luego se realiza un análisis comparativo de divergencias y convergencias entre los dos cultivos con su posterior análisis en la etapa de desaponificación, identificando el estudio de caso que tenga un mayor consumo de agua para el lavado del grano; y por último, se identifican los métodos y tecnologías posibles de replicar entre cultivos y se hace una recopilación literaria de alternativas posibles de aplicar para mejorar el uso del recurso hídrico.

2. Planteamiento del problema

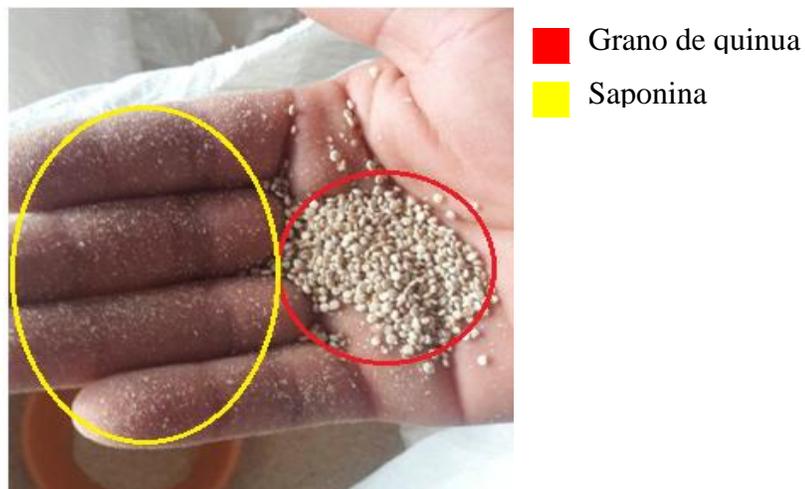
La quinua, originaria y cultivada principalmente en países andinos, es considerada un recurso alimentario natural de alto valor nutritivo que, según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), contiene más proteínas que la mayoría de los demás alimentos vegetales. Su importancia le ha proporcionado un nivel alto de reconocimiento en la seguridad alimentaria, tanto para las generaciones presentes como futuras, gracias a los agricultores tradicionales que emplean métodos de procesamiento donde, en su gran mayoría, el grano de quinua no contiene residuos de pesticidas o abonos inorgánicos, lo cual la hace cada vez más requerida (López, 2009).

Sin embargo, el proceso de limpieza del grano para retirar su sabor amargo dado por la presencia de una sustancia denominada saponina, concentrada en la parte externa del grano, demanda altas cantidades de agua (5 lt/Kg de quinua), además de ser una labor tediosa que implica demasiado tiempo y es una razón por la cual algunos agricultores dejan de cultivar la quinua o la venden sin lavar, perdiendo valor comercial.

Para eliminar esta sustancia, los dos estudios de caso escogidos en el presente trabajo de investigación; el pueblo indígena Misak y la finca El Porvenir, emplean el método tradicional por vía húmeda, el cual consiste en retirar la saponina por medio de lavados manuales, con cambios sucesivos de agua y por fricción de los granos entre sí -con las manos- hasta eliminar las capas superficiales de saponina.

La fuente de abastecimiento de agua del pueblo indígena Misak corresponde a un acueducto artesanal y la de la finca El Porvenir a través de un nacimiento de agua disponible en la misma, lo cual es un problema a largo plazo ya que se pueden secar las quebradas y ríos circundantes a las fincas.

Figura 1. Grano de quinua y saponina



Fuente: [Fotografía propia]. (Finca El Porvenir, 2018). Tibasosa, Boyacá

3. Preguntas de investigación

¿Cuáles métodos y tecnologías se pueden cruzar entre un cultivo de quinua del pueblo indígena Misak y otro cultivo de la región cundiboyacense para mejorar su desempeño ambiental frente al servicio ecosistémico de aprovisionamiento de agua?

¿Qué método y tecnología en la etapa de lavado se ajusta mejor a las condiciones de los dos cultivos analizados?

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Comparar los métodos y tecnologías del proceso productivo de quinua del pueblo indígena Misak en el municipio de Silvia-Cauca con un cultivo de la región cundiboyacense, haciendo énfasis en la minimización del consumo de agua durante la etapa de lavado, para identificar las prácticas ambientales positivas que se pueden replicar en ambos cultivos.

4.2. Objetivos Específicos

1. Diagnosticar el desarrollo actual de cada una de las etapas del proceso productivo de la quinua para los dos cultivos.
2. Realizar un análisis comparativo de los métodos y tecnologías empleadas en los dos procesos productivos, enfatizando la etapa de lavado.
3. Definir la mejor alternativa para el ahorro y uso eficiente del agua en la fase de lavado.

5. Justificación

El siguiente trabajo de investigación buscará potenciar prácticas positivas dentro del proceso productivo de quinua, principalmente en la etapa de desaponificación del grano, en comunidades indígenas andinas y pequeños productores de la región boyacense, bajo el marco de la agricultura sostenible, con el fin de optimizar el uso del agua en el lavado de la quinua, aplicando métodos y tecnologías eficientes para elevar la producción de quinua de calidad y de esta manera alimentar a la población del planeta en un contexto de cambio climático. Del mismo modo, Almeida (2015) afirma que, los países andinos seguirán siendo destinados al procesamiento de quinua y por esta razón es de gran importancia implementar un manejo de poscosecha adecuado, lo cual permitirá aumentar la productividad, reducir las ineficiencias y sobre todo, minimizar y controlar el uso excesivo de recursos.

Por otro lado, el diagnóstico a realizar en este trabajo, le permitirá a los agricultores de los dos cultivos identificar puntos críticos y/o sensibles de cada etapa del proceso productivo de la quinua, de manera que puedan intercambiar buenas prácticas y mejorar su rendimiento y producción tanto a nivel nacional como internacional, teniendo en cuenta que al 2015 Colombia alcanzó una producción de 2.479 toneladas, de donde 781 t corresponden al departamento del Cauca y 15 t al departamento de Boyacá (Portal Siembra, 2016).

A continuación, se justifica la presente investigación comprendida desde las dimensiones de la Ingeniería Ambiental:

5.1. Justificación Ecológica

El proceso tradicional de lavado de quinua para su desaponificación demanda altos volúmenes de agua (5 lt/Kg de quinua) ocasionando que los cuerpos de agua circundantes de donde se abastecen estas fincas se vean perjudicados en su caudal ecológico, o se sequen en su totalidad con el pasar del tiempo; ya que además de utilizar el agua para el lavado del grano en cada cosecha, también le dan usos domésticos y agrícolas de todo tipo. Por esta razón, este trabajo de investigación dará a conocer al pueblo indígena Misak y a la finca El Porvenir las alternativas de uso eficiente y ahorro del agua que más se adapten a las condiciones ecológicas, sociales y económicas de los estudios de caso.

Así mismo, mediante el diagnóstico de cada fase del proceso de quinua, el trabajo de investigación le ayudará al agricultor a identificar variables ecológicas que le facilitarán la toma de decisiones para la adopción de buenas prácticas de producción más limpia.

5.2. Justificación Socio-Cultural

El desaponificado de la quinua por el método tradicional es una labor tediosa para el agricultor al tener que desgastar sus manos frotando el grano hasta que quede libre de saponina mediante varios lavados, que a su vez implica que el agricultor le dedique mucho tiempo solo a esta actividad. Además, muchos productores han dejado de sembrar quinua a causa de la falta de conocimiento de métodos y tecnologías que les facilite en gran medida la vida en el campo.

Debido a esto, la presente investigación busca beneficiar a los agricultores de las dos fincas a través de las alternativas expuestas para el uso eficiente y ahorro del agua y del intercambio de prácticas entre cultivos con carácter de replica que puedan ser de ayuda entre ellos con el fin de optimizar tiempo, aumentar su producción y facilitar las tareas del campo, que en últimas tiene repercusiones positivas en la seguridad alimentaria.

5.3. Justificación Económica

La mayoría de veces el grano de quinua es vendido sin lavar por ser un proceso tan dispendioso, lo cual hace que el grano pierda valor en el mercado, o a veces peor, los agricultores rechazan totalmente estos cultivos perdiendo competitividad con respecto a los otros países andinos y optan por otros tipos de cultivos que aunque no requieran tanto trabajo, pueden llegar a ser menos rentables que la quinua. Además al no tener conocimiento de prácticas eficientes, la mano de obra aumenta.

Teniendo en cuenta que los dos cultivos subsisten a través de la agricultura, la presente investigación quiere poner en conocimiento de los agricultores de los estudios de caso métodos y tecnologías alternativas eficientes y económicas (en comparación con los industriales a mayor escala), de manera que aumente la producción y el valor comercial del grano y disminuya la mano de obra, con el fin de encaminar el cultivo a mejorar la competitividad, no solo a nivel nacional sino también internacional.

6. Marco de referencia

6.1. Estado del arte

A continuación se presenta una revisión bibliográfica a cerca del tema de investigación, para saber qué se ha hecho y que se está haciendo sobre el tema, a través de una revisión rápida de los objetivos, metodología empleada, aspectos principales del marco teórico-conceptual y las conclusiones. Para ello, se realizó un análisis a nivel global, regional y local de la siguiente manera:

6.1.1. Global

Se seleccionó el artículo denominado “Simulating Yield Response of Quinoa to Water Availability with AquaCrop”, en español “Simulando la respuesta de rendimiento de la quinua a la disponibilidad de agua con AquaCrop”, presentado por Sam Geerts, Dirk Raes, Magali García, Roberto Miranda, Jorge A. Cusicanqui, Cristal Taboada, Jorge Mendoza, Rubén Huanca, Armando Mamani, Octavio Condori, Judith Mamani, Bernardo Morales, Victor Osco y Pasquale Steduto. La idea principal del artículo fue dar a conocer la importancia que tiene la modelización, para dar respuestas al rendimiento de agua en los cultivos, ya que juega un papel cada vez más importante en la productividad de la agricultura. De esta manera, se realizó un análisis de sensibilidad que demostró la solidez del modelo AquaCrop para la simulación del crecimiento y la producción de quinua y se recomendó que sea posible hacerle ajustes al modelo para que también calcule el agotamiento de nutrientes del suelo, plagas y enfermedades. Se recomienda que el modelo de simulación tenga una cobertura de acceso no solo para grandes productores, sino también que beneficie a los pequeños productores, especialmente si dependen de estos cultivos para subsistir (Geerts et al., 2009).

6.1.2. Regional

Se seleccionó el artículo denominado “Mejoramiento del proceso de quinua (*Chenopodium quinua*, w), en el Centro Poscosecha de granos andinos IMBANDINO, MAGAP-IMBABURA”, presentado por Jorge Andrés Almeida Andrade. El objetivo del estudio fue el mejoramiento del proceso productivo mediante la implementación de las acciones de mejora, por medio de un análisis de la información recolectada durante la fase de diagnóstico. Se concluyó que el método más productivo fue el desaponificado húmedo, seguido por el seco y finalmente el combinado (Almeida, 2015).

El segundo artículo regional que se seleccionó fue “Reducción del grado de contaminación en los efluentes de la planta beneficiadora de quinua SONAPTO S.R.L.”, presentado por Sonia Janeth López Guzmán. En Bolivia se ubican aproximadamente 15 plantas dedicadas al beneficiado de la quinua, las cuales emplean el método combinado (vía seca y vía húmeda) para retirar la saponina del grano. El análisis realizado a los efluentes determinó una elevada carga orgánica (DBO₅ y DQO) y de saponina, que con sus propiedades detergentes forma espuma estable en soluciones acuosas, presentando actividad hemolítica y sabor amargo. La justificación principal es encontrar soluciones prácticas a la problemática, con acciones reales y poniendo en práctica la PML, la cuál es una estrategia ambiental preventiva e integrada que plantea un enfoque similar al de la Gestión Ambiental (Guzmán, 2009).

6.1.3. Local

Se seleccionó el artículo denominado “Determinación de los indicadores de ecoeficiencia para el uso de los recursos, en la planta de producción de la industria caucana de alimentos a base de Quinua –

Funprodesic”, presentado por Néstor Raúl Basto Troche, Luis Antonio González Escobar y Edwin Fernando Muñoz Certuche. La idea principal fue determinar los indicadores de ecoeficiencia dentro del proceso de producción de la empresa, a través de cálculos de consumo de agua en diferentes experimentos y del análisis de varios métodos que sugirieron a la empresa modificar el proceso productivo, para permitir una separación más eficiente de las saponinas contaminantes y su uso con rentabilidad y sin contaminar el medio ambiente, obteniendo así un proceso de producción más ecoeficiente y rentable (Muñoz et al., 2013).

En segundo lugar se seleccionó un trabajo de grado de la Universidad El Bosque denominado “Limpieza de granos quinua”, presentado por Ivonne Lorena Rey Monroy y Leonardo Morales Silva. Este se basó en el desarrollo de un artefacto agrícola para el cultivo de quinua, específicamente la limpieza de semillas, con el fin de obtener mayor productividad, debido a que la limpieza se hace de manera artesanal y la mano de obra no alcanza para cubrir la demanda. El proyecto se desarrolló mediante una investigación proyectiva, con diseño de fuente mixta (documental y trabajo de campo). Se emplearon instrumentos de recolección de datos como: análisis de fuentes documentales, observación directa y entrevistas no estructurada. El proyecto se llevó a cabo en el área rural del municipio de Subachoque, donde se siembran plantas aromáticas, hortalizas y semillas de quinua. Se evidenciaron los problemas generados por la producción de quinua y por esta razón se desarrolló la limpiadora de granos quinua que funciona con electrostática y gravedad. Por medio de estos, los granos recorren tres tubos de aluminio y al terminar la quinua queda totalmente limpia (Rey & Morales, 2015).

El tercer artículo que se seleccionó fue “Análisis y selección de diferentes métodos para eliminar las saponinas en dos variedades de *Chenopodium quinoa* Willd”, presentado por Diana Corzo Barragán. En este artículo se analizó y seleccionó el método más apropiado para eliminar las saponinas de dos variedades amargas de quinua, amarilla de maraganí y sajama morada, según criterios de costo beneficio, con el fin de incentivar la propagación, el uso y el manejo de la especie en la región debido a sus características, de manera que le permita al productor primario realizar la desaponificación con un método económico y favorable con el medio ambiente. Los métodos de desaponificación valorados fueron por vía húmeda, combinado, químico, seco y termodinámico; donde el mejor resultado se obtuvo con el método combinado, porque se logró eliminar el 75% de las saponinas. Cabe resaltar que la investigación se realizó en las instalaciones del Jardín Botánico José Celestino Mutis (Corzo, 2011).

6.2. Marco Geográfico

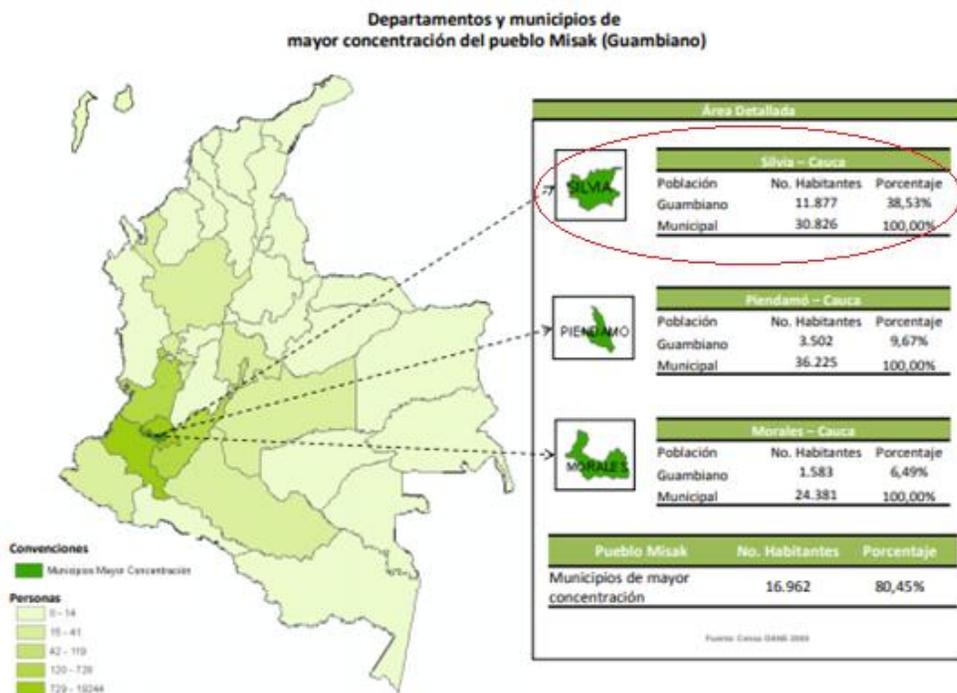
En primer lugar, es pertinente realizar la descripción geográfica de cada lugar donde se encuentran ubicados los dos cultivos escogidos para el presente trabajo de grado, debido a que cada territorio posee características ambientales diferentes. Así pues, en primera instancia se describirá primero el estudio de caso correspondiente al pueblo indígena Misak en el Cauca y luego el segundo estudio de caso correspondiente al cultivo de la región boyacense.

6.2.1. Estudio de caso pueblo indígena Misak

El pueblo indígena Misak se concentra en el departamento del Cauca, al nororiente del municipio de Silvia, en la vertiente occidental de la cordillera central. Está ubicado en una región lluviosa y fría, con precipitaciones de 1556 mm al año, en una altitud comprendida entre 2.500 a 3.500 msnm., y con una temperatura promedio de 12°C. Así mismo, sus suelos comprenden una textura franco-arenosa, lo cual quiere decir que es un poco más permeable al agua (Argote et al., 2010). La actividad económica más

desarrollada de este territorio es la agricultura, pues la mayor parte de los habitantes del resguardo son agricultores, en donde resaltan principalmente cultivos de quinua, amaranto y chíá. Según Portal Siembra (2016), Cauca es el segundo departamento con mayor registro de área sembrada en quinua del país, equivalente a 55 ha con una producción de 781 t al año.

Figura 2. Ubicación geográfica del estudio de caso pueblo indígena Misak



Fuente: (Ministerio de Cultura, 2010)

Así pues, en el Mapa 1 se puede apreciar que en el municipio de Silvia es donde se encuentra la mayor concentración de la población Misak, representado por un 38,53% de toda la población municipal. Seguido a este, se encuentra el municipio de Piendamó con un 9,67% de población Misak y finalmente está el municipio de Morales con un 6,49% de población Misak.

Además, este territorio se caracteriza por la presencia de quebradas y riachuelos como Manchay, Michambe, Agua Blanca y Cacique, las cuales proceden de la principal corriente fluvial de la región que es el río Piendamó. También, se encuentran los páramos de las Delicias y Moras y el Alto de Guanacas, que vienen siendo los accidentes orográficos más importantes del paisaje de la región (Argote et al., 2010).

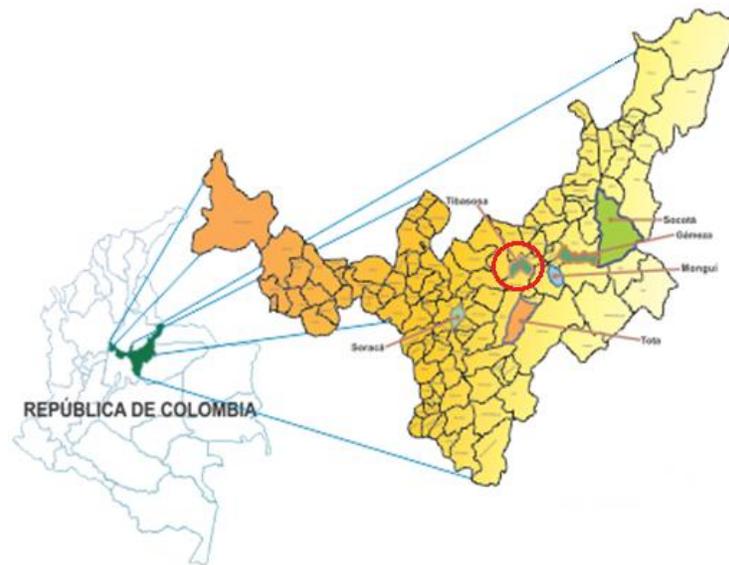
6.2.2. Estudio de caso finca El Porvenir

Por otro lado, se encuentra el cultivo de la región boyacense, más exactamente ubicado en la finca El Porvenir, en la vereda de Ayalas del municipio de Tibasosa, Boyacá. De los 95 Km² de la extensión del territorio del municipio, 89.5 Km² corresponden a clima frío y 5.5. Km² corresponden a clima de páramo, con una temperatura media de 16°C y posee altitudes que van desde los 2500 hasta los 3400 msnm, estando la vereda de Ayalas a una altura de 2700 msnm. Su topografía varía entre valles y montañas, con suelos moderadamente profundos a superficiales, alto contenido de materia orgánica y

de texturas medias; es decir, posee suelos franco (45% de arena, 40% de limo y 15% de arcilla) (Alcaldía Municipal de Tibasosa, 2013), por lo que sus condiciones físicas y químicas son las mejores y el más apto para cultivos.

El territorio presenta dos periodos lluviosos correspondientes al segundo bimestre del año y el segundo al tercer bimestre del año, con precipitaciones de 807 mm. Pertenecen a la cuenca hidrográfica del río Magdalena y a la subcuenca del río Chicamocha, la cual recibe las aguas de las microcuencas más importantes de la región, entre esas, los drenajes de la vereda de Ayalas (Alcaldía Municipal de Tibasosa, 2013).

Figura 3. Ubicación geográfica del estudio de caso finca El Porvenir



Fuente: (Alcaldía Municipal de Tibasosa, 2013)

Este territorio en su mayoría es plano y aproximadamente el 15% del suelo es apto para plantaciones forestales y conservación del ambiente, siendo aspectos significativos para la relación territorio-población, dado que toda la zona rural del municipio posibilita el sostenimiento económico de sus habitantes, a través de la agricultura y ganadería (Alcaldía Municipal de Tibasosa, 2013). Boyacá es el departamento con menor producción de quinua en el país con 15t al año y cuenta con áreas sembradas equivalentes a 10 ha (Portal Siembra, 2016).

6.3. Marco Normativo

Cualquier trabajo de investigación debe estar fundamentado y respaldado en un marco normativo vigente, aplicable al tema en cuestión. El siguiente no es la excepción, pues a continuación se presentan leyes, decretos y resoluciones que le dan veracidad a la información presentada y que son base para el cumplimiento de lineamientos establecidos para ejercer control sobre un problema específico. Así que, se toma como eje principal el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de protección al Medio Ambiente (Decreto Ley 2811 de 1974), la Ley 99 de 1993 y la Ley 373 de 1997, la cual es objeto del siguiente trabajo.

Tabla 1. Marco legal y normativo aplicable al estudio de caso

NORMA	ENTIDAD QUE EXPIDE	DESCRIPCIÓN
Decreto Ley 2811 de 1974	Presidencia de la Republica de Colombia	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Alcaldía de Bogotá, 1974).
Ley 99 de 1993	Congreso de la Republica	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones (Alcaldía de Bogotá, 1993).
Ley 160 de 1994	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Por la cual se crea el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, se establece un subsidio para la adquisición de tierras, se reforma el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria y se dictan otras disposiciones (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018).
Ley 373 de 1997	Ministerio de Desarrollo Económico	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua (Ministerio de Ambiente, 1997).
Ley 607 de 2000	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Por medio de la cual se modifica la creación, funcionamiento y operación de las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria, UMATA, y se reglamenta la asistencia técnica directa rural en consonancia con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018).

Ley 1351 de 2009	ICA	Por medio de la cual se aprueba el “Convenio del Programa Cooperativo para el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria”, Enmendado, y el “Convenio de Administración del Programa Cooperativo para el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria”, Enmendado, firmados el 15 de marzo de 1998 (ICA, 2017).
Decreto 3930 de 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial	Por el cual se establecen las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados (Red Jurista, 2010).
Decreto 1594 de 1984	Ministerio de Agricultura, Ministerio de Salud y Departamento Nacional de Planeación	Por el cual se reglamenta sobre los usos del agua y residuos líquidos (Alcaldía de Bogotá, 1984).
Decreto 1076 de 2015	Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (Alcaldía de Bogotá, 2015).
Resolución 1207 de 2014	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).
Resolución 0631 de 2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones (Ministerio de Ambiente y

		Desarrollo Sostenible, 2015).
Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se integra la Política Nacional de Producción más Limpia y el Plan Nacional de Mercados Verdes como estrategias del Estado Colombiano que promueven y enlazan el mejoramiento ambiental y la transformación productiva a la competitividad empresarial (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

6.4. Marco Teórico

6.4.1. Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible

Tiene como propósito integrar la Política Nacional de Producción más Limpia y el Plan Nacional de Mercados Verdes como estrategias del Estado Colombiano que promueven y enlazan el mejoramiento ambiental y la transformación productiva a la competitividad empresarial. Así mismo, se orienta a cambiar los patrones insostenibles de producción y consumo por parte de los diferentes actores de la sociedad nacional, lo que contribuirá a reducir la contaminación, conservar los recursos, favorecer la integridad ambiental de los bienes y servicios y estimular el uso sostenible de la biodiversidad, como fuentes de la competitividad empresarial y de la calidad de vida (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

El principio central de la estrategia de producción más limpia y conceptos asociados como el de eco-eficiencia, consideran que la contaminación y la acelerada pérdida de recursos naturales constituyen un indicador de ineficiencias en la producción y en el uso de productos y servicios. En la medida en que estas ineficiencias son evitadas a través de la instrumentación de alternativas preventivas, los sectores mejoran su desempeño ambiental y al hacerlo, obtienen beneficios económicos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Esta política propone también, entre otras líneas de acción, el fortalecimiento de los vínculos entre la Política de Producción más Limpia y el Plan Estratégico Nacional de Mercados Verdes, la promoción de la gestión integral de residuos desde los patrones de producción y consumo hasta su aprovechamiento y valorización o disposición final y la formulación e implementación de herramientas y metodologías para promover el consumo sostenible, adaptadas a las condiciones sociales, económicas y ambientales de las regiones y del país, como el ecodiseño, el análisis de ciclo de vida y las compras sostenibles, entre otras (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

6.4.2. Buenas Prácticas Agrícolas

Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) se definen como un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas aplicables a la producción, procesamiento y transporte de alimentos, orientadas a asegurar la protección de la higiene, la salud humana y el medio ambiente, mediante métodos ecológicamente seguros, higiénicamente aceptables y económicamente factibles (Casafe, 2013).

De este modo, se han lanzado varias guías de BPA para los usuarios de este sector, donde se destacan las siguientes: “Guía para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas” presentada por el ICONTEC en 2011 y “Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para Quinua” presentada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca en 2015.

La primera guía recopila experiencias exitosas de implementación de BPA en diversos sectores productivos y pretende convertirse en una herramienta de consulta y capacitación. Así mismo, permite adquirir un conocimiento básico de producción bajo el esquema de BPA, y además permite demostrar que si se puede implementar una agricultura limpia, organizada y competitiva, que en vez de aumentar, disminuye costos de ineficiencia (ICONTEC, 2011). Dentro de la guía se encuentran temas como la generación y manejo de residuos contaminantes al ambiente; uso, manejo y conservación de los recursos naturales, la disminución de ETAs¹; la importancia del componente humano en el proceso productivo; la prevención de riesgos y la adopción de prácticas que contribuyan al mejoramiento de las condiciones de cultivo y producción.

Y la segunda guía entonces, establece las especificaciones técnicas que deben ser consideradas en los procedimientos de BPA para el cultivo de quinua, a lo largo de todo el proceso productivo, con el fin de asegurar la inocuidad de los alimentos, la protección del ambiente y de la seguridad y bienestar de las personas que trabajan en las Unidades de Producción Agrícolas (UPA), así como de las comunidades que viven en sus cercanías (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015). Dentro de la guía se encuentran contenidos asociados a los procesos poscosecha y la comercialización; que incluye, la infraestructura, las instalaciones, los equipos, los insumos agrícolas, el suelo y el agua; la seguridad de los trabajadores y el cuidado del ambiente.

6.4.3. Uso Eficiente y Ahorro del Agua

El recurso hídrico es considerado como un “recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el ambiente”, y es por eso que, hacer un uso eficiente y ahorro del agua es crucial para garantizar la sostenibilidad del mismo. Así mismo, su gestión debe basarse en un enfoque participativo, que involucre a los usuarios, planificadores y responsables de las decisiones a todos los niveles. Por lo tanto, el uso eficiente del agua implica primordialmente caracterizar la demanda del agua por parte de los diferentes usuarios y analizar los hábitos de consumo, con el fin de implementar acciones que optimicen su uso, así como la promoción de prácticas que permitan favorecer la sostenibilidad de los ecosistemas y la reducción de la contaminación (Minambiente, 2017).

Adicionalmente, por medio de la Ley 373 de 1997 se establece el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA), entendido como un conjunto de proyectos y acciones dirigidas que plantean y deben implementar los usuarios del recurso hídrico (Minambiente, 2017). Así mismo, la

¹ ETAs: Enfermedades transmitidas por alimentos

Corporación Autónoma Regional del Cauca – CRC, presenta los “Términos de referencia para la elaboración de los Programas de Uso Eficiente y Ahorro del Agua en el sector agrícola” que deben desarrollar los usuarios con el fin de generar acciones que permitan la conservación y gestión de los recursos hídricos del Departamento del Cauca (CRC, 2010).

Estos términos de referencia surgieron a partir de las cifras obtenidas del agua concesionada para el uso en el sector agrícola del Departamento del Cauca, que corresponde al 40% (CRC, 2010). Por esta razón, y teniendo en cuenta las condiciones de vulnerabilidad y riesgo por desabastecimiento del país, los principales usuarios del recurso en el sector agrícola deben adoptar y promover prácticas de PML que conlleven al uso eficiente y ahorro del agua.

6.5. Marco Conceptual

6.5.1. Conceptos asociados al proceso productivo de quinua

Abono orgánico: Es un fertilizante que proviene de animales, restos vegetales de alimentos, de cultivos u otra fuente orgánica natural. Es un término de etiquetado que indica que los productos se han producido con arreglo a las normas de producción orgánica y que pueden estar avalados por un organismo o autoridad de certificación debidamente constituida (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

Antesis: Es el periodo de florescencia o floración de las plantas con flores; estrictamente, es el tiempo de expansión de una flor hasta que está completamente desarrollada y en estado funcional, durante el cual ocurre el proceso de polinización, si bien es frecuentemente usado para designar el período de floración en sí; el acto de florecer (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

Control de plagas: Es la acción de suprimir, contener, o erradicar poblaciones de plagas a través de métodos físicos, químicos, biológicos, mecánicos o a la combinación de estos, con la finalidad de atenuar sus efectos dañinos sobre el cultivo (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

Deshierba: Eliminar (con la mano, utensilios u otros implementos o con herbicidas) las malezas (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

Emparve: Es la labor que continúa después del corte de la quinua, generalmente se efectúa el mismo día y consiste en formar montones con las panojas ordenadas a un solo lado sobre superficies limpias, evitando el contacto directo con el suelo y con otros elementos contaminantes (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

Fertilizante: Toda sustancia o mezcla de sustancias que incorporada al suelo o aplicada sobre la parte aérea de las plantas, suministra elementos que requieren los vegetales para su nutrición con el propósito de estimular su crecimiento, aumentar su productividad y mejorar la calidad de las cosechas. Estas sustancias podrán ser de carácter mineral u orgánico (ICONTEC, 2011).

Insumo: Todo material utilizado en la producción agrícola primaria como semillas, plántulas, agroquímicos o bioinsumos (ICONTEC, 2011).

Maleza: Se denomina maleza, mala hierba, monte o planta indeseable a cualquier especie vegetal que

crece de forma espontánea en una zona cultivada o controlada por el ser humano como al cultivo agrícola o jardines (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

Panoja: Inflorescencia compuesta formada por un racimo cuyos ejes laterales se ramifican de nuevo en forma de racimo o a veces de espiga (Dimitri, 1987).

Panojamiento: Inicia con la emergencia de la inflorescencia. Generalmente cuando se completa su emergencia se produce la antesis y comienza la liberación de polen (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

Plaga: Cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

Plaguicida de uso agrícola: Cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, o controlar cualquier plaga, las especies no deseadas de plantas o animales, que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de un producto. El término incluye las sustancias utilizadas para regular el crecimiento de las plantas y las aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto durante el almacenamiento y transporte (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

Productos Orgánicos: Se refiere a cualquier producto que en su cultivo o elaboración haya seguido la norma orgánica nacional e internacional, la cual no permite el uso de conservadores, aditivos ni saborizantes o edulcorantes artificiales, así como tampoco el uso de fertilizantes y pesticidas químicos (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

Saponina: Son compuestos glucósidos que se identifican por su sabor amargo y por sus propiedades semejantes a las del jabón. Forma espuma estable en soluciones acuosas y es altamente tóxica para especies acuáticas de sangre fría porque permeabiliza sus membranas (Tapia, 2000).

Semilla: Es el óvulo fecundado y maduro que contiene un embrión. Según la ley de semillas y sus reglamentos vigentes en el país es todo grano bulbo o tubérculo y en general toda estructura botánica destinada a la reproducción sexual de una especie (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

Siega o corte: Actividad realizada cuando las plantas llegan a la madurez que se reconoce cuando las hojas inferiores se vuelven amarillentas y empiezan a caerse. No es conveniente arrancar las plantas, pues al salir junto con las raíces, traen tierra, que puede mezclarse con el grano y desmejorar su calidad. Esta labor debe realizarse en horas de la mañana, cuando el grano tiene alrededor de 30% de humedad, ya que si se hace en la tarde, la fuerte radiación solar hace que los granos se desprendan fácilmente y caigan al suelo (Meyhuay, s.f).

Siembra directa: También llamada agricultura de conservación, esta práctica es utilizada principalmente por pequeños y medianos productores, la cual consiste en repartir los residuos de los cultivos anteriores de manera uniforme sobre la superficie del suelo. En esta técnica no se utilizan herramientas mecánicas ni animales para mover el suelo, labrarlo o introducirle residuos de ningún otro tipo. Su fundamento es la rotación de cultivos, siendo de gran importancia ya que promueve niveles adecuados de biomasa y mejora la estructura física del suelo, además de reducir la erosión en un 90% y aumentar la actividad biológica y la biodiversidad del suelo (FAO, 2004).

Surco: Hendidura que se hace en la tierra para luego efectuar una siembra; un surco se hace con el fin de facilitar la circulación de agua para un riego correcto, destruir las malas hierbas, evitar el encharcamiento, entre otros (RAE, s.f.).

Trilla: Es la acción de desprender el grano de la planta por métodos manuales o mecánicos, la trilla se realiza cuando los granos están secos y con una humedad que fluctúa entre 10 a 13%. En la trilla mejorada se utilizan lonas, que son extendidas en superficies planas, donde se colocan las panojas para que el tractor o vehículo pesado haga las pasadas necesarias hasta desprender el grano de los perigonios² (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

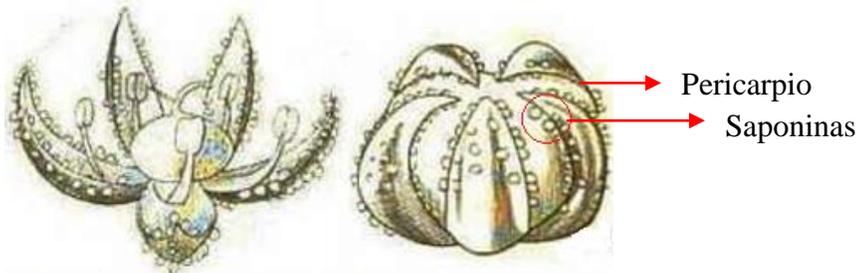
Venteo de grano: Es la separación de las impurezas a base del viento (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

6.5.2. Métodos de desaponificación de quinua

Para empezar, la desaponificación consiste en retirar las saponinas presentes en el grano o fruto de quinua. Como se puede observar en la figura 4, el fruto de quinua está recubierto por un delgado pericarpio, que contiene aproximadamente un 4% de saponinas de sabor amargo y que al retirarla forma espuma debido a sus características detergentes. La función de la saponina es proteger el fruto de los depredadores. Para su eliminación, la mayoría de veces se emplean métodos húmedos, demandando grandes cantidades de agua.

Es de gran importancia realizar el proceso de desaponificado antes de comercializar el grano, ya que si no se retira este componente y se consume en grandes cantidades, puede ser tóxico para la salud humana; por ejemplo, puede afectar los niveles de colesterol en la sangre.

Figura 4. Flor y fruto de quinua



Fuente: (Botanical Online, s.f.)

La desaponificación no solo se puede hacer utilizando agua, también existen otros métodos empleados en el proceso de beneficiado de la quinua, tal como se presenta a continuación:

- **Método tradicional**

Los principales usuarios de este método son los pequeños campesinos productores, quienes siguen empleando tradicionalmente los procesos húmedos, los cuales consisten en lavados sucesivos del grano con agua, haciendo fricción con las manos o una piedra para facilitar la eliminación de las primeras

² Perigonio: Formación de sépalos y pétalos indistinguibles entre sí (Dimitri, 1987)

capas de saponina (Almeida, 2015). Este proceso genera una demanda de agua de 5 litros por Kg de quinua (FAO & CIRAD, 2014).

Almeida también afirma que, otro de los métodos tradicionales empleados, principalmente al sur de Bolivia, consiste en la utilización de una piedra horadada de unos 50 cm de diámetro. En ella se coloca la quinua mezclada con arena gruesa, luego la mezcla quinua-arena es expuesta al sol durante unas horas hasta que se caliente, facilitando así que la saponina que envuelve el grano se dilate y sea más fácil el desprendimiento al frotar el grano manualmente o con los pies.

- **Método mecánico por lavado o húmedo**

Consiste en someter al grano de quinua a un proceso de remojo y turbulencia, en agua circulante o fija en el recipiente de lavado, la saponina se elimina en el agua de lavado (Almeida, 2015). En este método se utilizan mallas metálicas donde se retienen las impurezas (pajas, tierra, residuos vegetales, etc.).

Para empezar, se acondiciona la quinua remojándola por 30 minutos a temperatura ambiente con el fin de facilitar la desaponificación, ya que al hacer contacto con el agua los cristales de saponina se disuelven. Luego, los granos de quinua son sometidos a un proceso de fricción húmeda, debido a la gran descarga turbulenta de agua caliente que se logra en el equipo. Se produce fricción intensa entre los granos y contra las paredes, lo que permite la eliminación de las cáscaras y los compuestos responsables del sabor amargo. Posteriormente se deshidrata y empaca (Meyhuay, s.f). El consumo de agua por Kg de quinua está estimado alrededor de los 14 litros (Muñoz et al., 2013).

- **Método de fricción en seco o rozamiento (escarificado)**

En este método se somete el grano a un proceso de fricción para eliminar las capas superficiales donde están contenidas las saponinas y convertirlas en polvo. Las condiciones previas del grano a ser escarificado es que debe estar totalmente limpio de tierra e impurezas, debe ser secado hasta aproximadamente 12% de humedad y además se recomienda tener en cuenta el tamaño y escarificar por separado las variedades dulces y las amargas, para asegurar mayor eficiencia. Un inconveniente del método, es el elevado contenido de proteína y grasa que se elimina en el polvo resultado de la escarificación (Almeida, 2015).

Otros autores, en especial Meyhuay de la FAO, afirma que el escarificado pretende producir una quinua de mayor calidad, cuyo efecto consiste en remover las últimas partículas de cáscara y darle al grano un aspecto más liso y limpio, que viene a ser la quinua perlada. Esta fase se realiza a través de medios mecánicos abrasivos, utilizándose equipos con características técnicas semejantes, como por ejemplo: acción combinada de paletas giratorias y tamiz estacionario, que permite un constante raspado de los granos de quinua contra las paredes de las mallas. El polvo desprendido de los granos pasa a través de la malla y es separado por gravedad. Por otro lado, este autor también recomienda que este método sea empleado en su mayoría para variedades dulces.

- **Método termomecánico en seco**

En este método se someten los granos de quinua a calor seco (80 a 90°C) durante 10 minutos para luego extraer la cáscara por fricción en seco. Se obtiene un grano con bajo contenido de saponinas. Luego se tamiza y empaca (Meyhuay, s.f).

- Método combinado

Almeida (2015) considera que hay inconvenientes en la desaponificación por el método húmedo y que el método seco no es eficiente para variedades de alto contenido de saponina y que lo más aconsejado es la aplicación de un método combinado para la desaponificación de la quinua; es decir, primero se aplica un escarificado, con lo que se elimina un alto porcentaje de saponina y luego se somete a un lavado para eliminar el remanente. De esta forma, el grano no es expuesto excesivamente a la humedad y el proceso de secado es mucho más rápido y barato.

Almeida (2015) también asegura que este método se debe realizar en su mayoría para variedades de alto contenido de saponina, debido a sus ventajas en ahorro de agua consumida, buena calidad proteica de los granos procesados, costo mínimo de energía utilizada y bajo costo del proceso. Este método a escala industrial ha sido preferido por la mayoría de las empresas beneficiadoras en la actualidad, principalmente debido a la eficacia de remoción de saponinas y mantenimiento de la calidad del grano, logrando satisfacer requerimientos internacionales.

- Método químico

Para la eliminación de saponina, existe también el método químico, mediante el cual los granos de quinua son sometidos a una solución de hidróxido de sodio al 10% a 100 °C por 1.5 minutos, para luego lavar y secar. Su aplicación en la industria a penas está empezando a manifestarse (Meyhuay, s.f).

6.5.3. Variedades o ecotipos de quinua

Según su adaptación a las características geográficas, se pueden clasificar sus variedades o ecotipos en 5 categorías básicas: quinua del valle, dada principalmente en Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia; quinua del altiplano, dada en los alrededores del Lago Titicaca en Perú y Bolivia; quinua de terrenos salinos, dada principalmente en Bolivia en los salares de García Mendoza; quinua del nivel del mar que se da principalmente en el sur de Chile y quinua subtropical, que crece en los Valles Interandinos de Bolivia y Perú (Meyhuay, s.f).

Así, los ecotipos más comunes utilizados en el país son los del valle, que se cultivan entre los 2000 y 3200 msnm, son plantas altas, de color verde, tardías, con panojas laxas o compactas, las hay dulces con bajo contenido de saponina como la Blanca y la Tunkahuan, mientras otras son amargas con alto contenido de saponina como la Amarilla de Maranganí (UNAL, 2003).

Tabla 2. Características de las principales variedades o ecotipos de quinua en Colombia

Variedades o ecotipos	Altitud (msnm)	Color del grano	Sabor	Periodo vegetativo (días)
Blanca de Junín	1500-3500	Blanco	Dulce	160-180
Blanca de Juli	---	Blanco	Semidulce	150-180
Blanca de Jericó	2400	Blanco	Dulce	160-178

Rosada de Junín	2000-3500	Blanco	Dulce	160-180
Amarilla de Maranganí	800-3500	Amarillo	Amarga	60-180
Tunkahuan	2400-3400	Blanco	Dulce	150-170
Real	500-4000	Blanco	Semidulce	110-130
Kamiri	800-4000	Blanco	Semidulce	150-160
Cheweca	1500-3500	Amarillo	Dulce	150-180
Chucapaca	800-3900	Blanco	Semidulce	150-160
Kancolla	800-4000	Blanco	Dulce	140-160
Pandela	---	Rosado	Amargo	146-175

Fuente: (Ministerio de Agricultura, 1997)

Anteriormente, en la Tabla 2 se presentan las variedades evaluadas en Colombia, donde se encuentran ecotipos provenientes de diferentes países y algunos nativos; teniendo que, las mas cultivadas en Cundinamarca son la Amarrilla de Maranganí, Blanca de Junín y Blanca; en Boyacá la Tunkahuan y la Blanca; en Nariño cultivan las líneas los Pastos, Quillacinga y Piartal; y en Cauca, la Blanca y Tunkahuan (UNAL, 2003).

7. Metodología

El diseño metodológico que se adaptó al trabajo de investigación fue la *metodología cuantitativa, de tipo no experimental transeccional descriptivo*, el cual, como afirma Sampieri (1991), recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es medir y describir una o más variables, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Esta metodología se escogió ya que aplica para la descripción de dos cultivos diferentes correspondientes al actual periodo del año y a la medición de variables asociadas a su proceso productivo como el agua, la energía y el suelo.

En cuanto al alcance de la investigación, se considera que es *descriptivo*, ya que busca resaltar las buenas prácticas ambientales de cada cultivo para su posterior aplicación; así como, medir el consumo de agua en el lavado del grano y evaluar cada etapa del proceso productivo de la quinua, siendo este, la unidad de análisis de la presente investigación.

A continuación, en la Tabla 3 se presenta de manera general el procedimiento metodológico planteado por cada uno de los objetivos específicos, mediante la descripción de las actividades, técnicas, instrumentos y análisis de los resultados esperados por cada objetivo.

Tabla 3. Matriz metodológica

Objetivos		Actividades	Metodología		Resultados esperados
General	Específicos		Técnica	Instrumento	
Comparar los métodos y tecnologías del proceso productivo de quinua del pueblo indígena Misak en el municipio de Silvia-Cauca con un cultivo de la región cundiboyacense, haciendo énfasis en la minimización del consumo de agua durante la etapa de lavado, para identificar las prácticas ambientales positivas que se pueden replicar en ambos cultivos.	1. Diagnosticar el desarrollo actual de cada una de las etapas del proceso productivo de la quinua para los dos cultivos.	<ul style="list-style-type: none"> - Visita de campo y recolección de información - Registro fotográfico - Sistematizar la información - Realizar diagrama de flujo de procesos 	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevista estructurada³ No - Análisis documental - Evidencia visual - Observación participante 	<ul style="list-style-type: none"> - Fichas bibliográficas - Cámara de fotografía y video - Agenda de campo - Diagrama de flujo 	Diagnóstico de cada una de las etapas del proceso productivo de los dos cultivos, con base a las condiciones medioambientales actuales de los mismos.
	2. Realizar un análisis comparativo de los métodos y tecnologías empleadas en los dos procesos productivos, enfatizando la etapa de lavado.	<ul style="list-style-type: none"> - Tabular información relevante del diagnóstico por cada etapa - Analizar convergencias y divergencias entre los dos procesos productivos - Cuantificar el consumo de agua 	<ul style="list-style-type: none"> - Registro de información - Análisis comparativo - Análisis estadístico 	<ul style="list-style-type: none"> - Matriz de pensamiento del ciclo de vida - Cuadro comparativo - Gráfica de barras 	Análisis comparativo de los métodos y tecnologías que se emplean en cada uno de los cultivos, priorizando los utilizados en la etapa de lavado.
	3. Definir la mejor alternativa para el ahorro y uso eficiente del agua en la fase de lavado.	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar las experiencias que puedan cruzarse - Revisión literaria de alternativas - Análisis de viabilidad ecológica, sociocultural y económica de cada una - Priorizar la mejor alternativa con base en las condiciones dadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de información recolectada - Análisis documental - Análisis de alternativas 	<ul style="list-style-type: none"> - Fichas técnicas - Matriz de análisis de alternativas 	Definición de la mejor alternativa de ahorro y uso eficiente del agua en la etapa de lavado.

Fuente: Elaboración propia, 2018

³ Una entrevista no estructurada es aquella en la que se trata con preguntas abiertas sin un orden preestablecido, adquiriendo características de conversación. Consiste en realizar preguntas de acuerdo a las respuestas que vayan surgiendo durante la entrevista, haciendo más énfasis en el análisis de las impresiones que en el de los hechos.

De esta manera, a continuación se describe más detalladamente la metodología que se llevo a cabo para cada uno de los objetivos específicos:

7.1. Metodología objetivo específico 1: Diagnosticar el desarrollo actual de cada una de las etapas del proceso productivo de la quinua para los dos cultivos

En primer lugar, la información que se presenta a continuación fue proporcionada por cada uno de los agricultores de los estudios de caso mediante las entrevistas no estructuradas, debido a que no se pudo revisar el proceso completo porque el clima no lo permitió, además porque ciclo productivo de la quinua es mucho mayor al tiempo disponible para el desarrollo del trabajo de grado.

Así pues, se procedió a agendar las visitas de campo en las dos regiones; la caucana y la boyacense, después de confirmadas las visitas se empezó a estructurar el material de campo con una previa revisión de literatura.

Primero se visitó el cultivo de quinua de la finca El Porvenir, ubicada en la vereda Las Ayalas en el municipio de Tibasosa, Boyacá el día 12 de marzo de 2018 y el día 17 de marzo de 2018. Allí se hizo un recorrido por el cultivo en compañía de la señora Nelly Correa López, quien es productora de quinua hace aproximadamente 27 años. En el momento de la visita, la variedad de quinua cultivada era la *Tunkahuan* (Anexo 1), la cual estaba sembrada de manera escalada, pues algunas plantas ya estaban alcanzando su madurez fisiológica reconocida por el color amarillo pálido en sus hojas y las otras plantas a penas estaban floreciendo. Gracias al testimonio de Nelly, en la segunda visita se pudo identificar cada etapa del proceso productivo, los métodos empleados durante la precosecha, cosecha y poscosecha y se realizo un experimento para cuantificar el consumo de agua durante el lavado del grano para retirar la saponina.

Posteriormente, se realizó la visita de campo al resguardo Guambía en el municipio de Silvia, Cauca el día 24 de marzo de 2018; en donde, además de conocer el proceso productivo de la quinua empleado por el pueblo indígena Misak, también se tuvo la experiencia de conocer un poco más a cerca de sus formas de vida y de pensamiento. En compañía del señor Juan Carlos Muelas y su esposa, la señora Clara, productores de quinua hace aproximadamente 6 años, se hizo un recorrido por un pequeño cultivo de quinua de variedad *Blanca de Jericó* (Anexo 2), el cual no estaba en sus mejores condiciones, puesto que para el momento de la visita de campo había estado lloviendo fuertemente en la zona, limitando su crecimiento. En cuanto a la cuantificación del consumo de agua en el lavado del grano, Juan Carlos amablemente facilito datos previamente calculados en su última cosecha.

7.2. Metodología objetivo específico 2: Realizar un análisis comparativo de los métodos y tecnologías empleadas en los dos procesos productivos, enfatizando la etapa de lavado

Después de haber obtenido toda la información necesaria por parte de los dos estudios de caso sobre el manejo y desarrollo que le dan al procesamiento de la quinua, se procedió a tabular la información relevante a través de la matriz de pensamiento del ciclo de vida tomada del manual de eco-innovación de las Naciones Unidas, con el fin de identificar para cada etapa del proceso productivo sus entradas; salidas; emisiones; impactos al ambiente relacionados con el uso del recurso; calidad del ecosistema; impactos a los trabajadores, consumidores y partes interesadas; y por último, la rentabilidad de cada actividad empleada por etapa. Del mismo modo, la matriz no solo permitió analizar impactos negativos, sino también los impactos positivos de las Buenas Prácticas Agrícolas allí dadas. Seguido a

esto, se realizó un análisis comparativo de convergencias y divergencias entre los métodos y tecnologías empleadas por cada estudio de caso en cada una de las etapas del proceso productivo, para su posterior análisis con lo encontrado en la literatura. Este análisis fue posible a través del uso de guías de la FAO de diferentes años, las cuales proporcionan consideraciones a cerca del manejo correcto que se le debe dar a cada etapa del proceso productivo de la quinua.

Por otra parte, se hizo una priorización en la etapa de desaponificación con la finalidad de determinar el consumo de agua de cada cultivo para lavar el grano de quinua, mediante la comparación de consumos entre ellos y con respecto a lo encontrado en la literatura.

7.3. Metodología objetivo específico 3: Definir la mejor alternativa para el ahorro y uso eficiente del agua en la fase de lavado.

Lo primero que se hizo fue resaltar las prácticas positivas de cada cultivo con carácter de replica entre ellos, posteriormente mediante la revisión bibliográfica de alternativas acordes al presente trabajo de investigación, se pudo determinar cuál era la más óptima y viable de aplicar en los cultivos, a través del análisis de una matriz de alternativas con sus respectivos rangos de calificaciones.

Finalmente, con el propósito de tener más claridad a cerca del perfil de los pequeños y medianos agricultores involucrados en el procesamiento de la quinua a nivel nacional, se realizó un perfil del productor común presentado en los estudios de caso de este proyecto de investigación.

Perfil del agricultor



Perfil demográfico

Edad: 18-80
Sexo: Masculino, femenino
Nivel socioeconómico: Hasta 3 salarios mínimos
Ocupación: Agricultor, prestación de servicios
Residencia: Zonas rurales



Perfil pictográfico

Necesidades: Vivienda, conseguir ingresos para su familia
Personalidad: Trabajadores, humildes
Percepción: Tierra desvalorizada

© CanStockPhoto.com - csp45499279



Perfil conductual

Expectativas: Subsistir con la agricultura y entregar un producto de calidad

Valores: Honesto, respetuoso, humilde, solidario

Creencias: Católicos en su mayoría



Perfil estilo de vida

Actividades: Agricultura, labores del hogar

Intereses: Técnicas de agricultura, reuniones sociales

8. Plan de trabajo

Tabla 4. Cronograma de actividades

Objetivos		Actividades	Febrero				Marzo				Abril				Mayo			
General	Específicos		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Comparar los métodos y tecnologías del proceso productivo de quinua del pueblo indígena Misak en el municipio de Silvia-Cauca con un cultivo de la región cundiboyacense, haciendo énfasis en la minimización del consumo de agua durante la etapa de lavado, para identificar las prácticas ambientales positivas que se pueden replicar en ambos cultivos.	1. Diagnosticar el desarrollo actual de cada una de las etapas del proceso productivo de la quinua para los dos cultivos.	Visita de campo y recolección de información																
		Registro fotográfico																
		Sistematizar la información																
		Realizar diagrama de flujo de procesos																
	2. Realizar un análisis comparativo de los métodos y tecnologías empleadas en los dos procesos productivos, enfatizando la etapa de lavado.	Tabular información relevante del diagnóstico por cada etapa																
		Analizar convergencias y divergencias entre los dos procesos productivos																
		Cuantificar el consumo de agua																
	3. Definir la mejor alternativa para el ahorro y uso eficiente del agua en la fase de lavado.	Identificar las experiencias que puedan cruzarse																
		Revisión literaria de alternativas																
		Análisis de viabilidad ecológica, sociocultural y económica de cada una																
		Priorizar la mejor alternativa con base en las condiciones dadas																

Fuente: Elaboración propia, 2018

Leyenda

Actividades hechas	
Actividades en curso	
Actividades faltantes	
Entrega documento final	
Sustentación final	

9. Resultados, análisis y discusión

9.1. Resultado objetivo específico 1: Diagnosticar el desarrollo actual de cada una de las etapas del proceso productivo de la quinua para los dos cultivos

A continuación se describe el proceso productivo de la quinua, sus etapas y puntos críticos, se describen a continuación:

9.1.1. Etapas del proceso productivo estudio de caso pueblo indígena Misak

Se hace una descripción detallada del manejo de cada etapa del proceso productivo de la quinua dada en la pre cosecha, cosecha y poscosecha por el pueblo indígena Misak; información proporcionada amablemente por el líder de la comunidad, el señor Juan Carlos Muelas, quien estuvo de acuerdo con que su nombre y la información recolectada durante la entrevista no estructurada el día 24 de marzo de 2018, fuera expuesta en el presente documento.

PRECOSECHA

1. **Selección de la semilla:** En primer lugar hay que aclarar que la semilla que utiliza el pueblo indígena Misak es de origen ancestral, la cual, según asegura Juan Carlos, la van a mantener por generaciones como un modo de conservar su identidad étnica y cultural; así mismo, esta nunca ha sido certificada por alguna entidad. Generalmente, lo que se hace es que se selecciona la planta de mayor rendimiento del cultivo anterior, a través de factores visibles como: la planta con la mejor panoja, la edad en meses y la planta que llegue a su madurez fisiológica con mayor rapidez. Juan Carlos recalca que es importante tener en cuenta que una vez obtenida la semilla, esta no se debe lavar, pues la semilla que se lava nunca nace.

Actualmente, Juan Carlos opta por cultivar la variedad semitardía⁴ *Blanca de Jericó* por cuatro grandes razones: por su adaptación a las condiciones ambientales del territorio, por el tamaño del grano, por su color blanco y su sabor dulce, lo cual la hace más apetecida en el mercado. Anteriormente también se sembraba la variedad de quinua de color negro, debido a que es más nutritiva, asegura Juan Carlos; pero se abandonó esta práctica debido a que la mayoría de veces las variedades se cultivan al mismo tiempo, lo cual ocasiona un cruzamiento de semillas y los Misak hoy en día no cuentan con una máquina que permita su separación.

⁴ Una variedad tardía es aquella que crece en 7 meses, la semitardía es la que tiene un periodo vegetativo de más o menos 6 meses, una variedad y la precoz es aquella que se desarrolla en 4 meses aproximadamente.

2. **Preparación del terreno:** Durante la entrevista no estructurada realizada a Juan Carlos, se tuvo la oportunidad de conocer un poco más a cerca de sus actividades ancestrales, entre ellas: las *mingas*, las cuales son representadas por estos pueblos como una forma de trabajo comunitario o cambio de favores y consiste en solicitar ayuda a los demás integrantes del pueblo indígena, con fines de utilidad social como la cosecha de un producto agrícola; o como Juan Carlos lo relata:

«Una minga es la reunión de muchos familiares, digamos usted tiene un vecino y dice “yo tengo un trabajo, por favor ¿usted sería tan amable de venir a colaborar?” entonces nos reunimos mucha gente y cuando es a la otra familia también que quieren hacer un trabajo, también nos llaman. Ahí se comparten experiencias, unas vivencias... también en esa actividad nosotros no nos negamos al trabajo pal’ niño, esa es nuestra pelea con el Bienestar Familiar...» (J.C. Muelas, Comunicación personal, 24 de marzo de 2018).

De esta manera, dependiendo del área del terreno se hace la *minga*, lo cual significa que, por ejemplo si el lote se tiene que hacer con 15 jornales⁵ entonces se ‘*minga*’ a 15 personas. Por lo general Juan Carlos cultiva media hectárea que equivale a 5000 m². Dicho esto, se prepara la tierra para la nueva cosecha empleando únicamente herramientas manuales para la posterior realización de surcos de 40 cm entre ellos y de 30 cm entre planta; distancias escogida por el agricultor con el fin de aumentar el volumen del cultivo, ya que a esa distancia siembra aproximadamente 41.600 plantas en media hectárea.

Finalmente, después de preparar el terreno, cuando se tiene todo listo, se hace una reunión donde se tratan temas relacionados con el beneficio que traen los cultivos, resaltando la importancia de la relación armonía-naturaleza.

3. **Tipo de siembra:** El tipo de siembra que maneja el pueblo indígena Misak es por siembra directa mata a mata, la cual consiste en una técnica de cultivo de siembra sobre rastrojo⁶, sin alteración del suelo mediante arado. Finalmente, Juan Carlos considera que los mejores meses de siembra son septiembre o febrero, los cuales corresponden a época de lluvia, para así poder cosechar en época de verano.
4. **Manejo del cultivo:** Esta semilla al ser tan fértil por lo general nace a los tres días y al nacer tan rápido la hace más débil y vulnerable, por lo cual es de gran importancia el monitoreo constante para que la planta crezca en óptimas condiciones. Lo primero que Juan Carlos realiza es el deshierbe, lo cual hace al mes y medio de haber sembrado, que consiste en quitarle toda la maleza a la planta para que prevalezca la quinua en el cultivo. El porque lo hace después del deshierbe y afirma que es necesario realizarlo dos veces durante la cosecha; uno a los dos meses de haber sembrado y otro a los cuatro meses, todo esto debido a que es una zona con vientos fuertes y puede que la planta se doble; razón por la cual es importante acumularle tierra a la base del tallo formando un pequeño montículo. Se usa la misma tierra previamente preparada y abonada, para lo cual Juan Carlos emplea compost casero a base de residuos de cocina.

Aunque se siembre en época de invierno, muchas veces las lluvias no son lo suficientemente intensas para brindarle al cultivo la humedad que necesita, y es por eso que se establecen sistemas

⁵ Jornal: Trabajo que realiza una persona por día

⁶ Rastrojo: Parte baja de las cañas de cereal que queda en la tierra después de segar.

de riego. Cuando esto ocurre, Juan Carlos se abastece por medio de tanques de almacenamiento y riega los primeros 3 meses empleando el sistema de riego por aspersión, el cual es un modelo que imita la lluvia.

Otro aspecto importante de esta actividad es que el pueblo indígena Misak maneja cultivos rotativos, lo cual consiste en sembrar quinua y luego alternar con cultivos de arveja.

5. **Control de plagas:** La plaga que más ataca a cultivos de quinua en esta región es la babosa, para lo cual Juan Carlos utiliza una preparación orgánica: ají picado y machacado. Solo es necesario realizar una fumigación a las plantas, ya que al ser tan fuerte su efectividad es mayor. También se realizan trampas, en donde se colocan estopas (costal de fique) en los cultivos y las babosas al necesitar de tanta humedad se refugian allí quedando atrapadas. Con estas babosas se puede hacer compost para abono orgánico baboso.

COSECHA Y POSCOSECHA

Las etapas o fases básicas denominadas también actividades de cosecha y poscosecha se describen a continuación:

1. **Siega o corte:** La siega se desarrolla empleando herramientas como la hoz de cortar trigo, y cuando no se cuenta con ella en la finca también se puede realizar con un cuchillo grande de cocina. El momento indicado para realizar esta actividad es cuando las hojas de la planta se empiezan a tornar de color amarillo pálido o cuando al frotar con las manos cualquier variedad de quinua, la cascara se empieza a desprender.
2. **Emparve o secado:** Actualmente, Juan Carlos cuenta con una maquina secadora de quinua en las instalaciones de su casa con una capacidad de 300 Kg; pero anteriormente esta actividad se realizaba de manera manual o artesanal, lo cual consistía en colocar las panojas en un cuarto en forma de iglú, donde se tendían cuerdas y se colgaban las panojas para que su secado fuera uniforme.

Figura 5. Maquina secadora



Fuente: [Fotografías propias]. (Pueblo indígena Misak, 2018). Silvia, Cauca

3. **Trilla:** Anteriormente se realizaba el trillado de manera manual, frotando las panojas con las manos hasta que quedaba el grano, lo cual era una actividad tediosa para el cultivador al tratarse de grandes cantidades de quinua y por supuesto, consumía mucho tiempo; además, a raíz de estos factores, muchos agricultores no se atreven a sembrar quinua, puesto que no cuentan con maquinas que les faciliten su trabajo.

De esta manera, la Gobernación del Cauca al ver la problemática que tenían los agricultores de estos pueblos que cultivan quinua, al demorarse más en sus procesos, presenta un proyecto en el 2015 con el Sistema General de Regalías enfocado en las actividades de poscosecha de la quinua, donde gracias a eso, el proceso de producción empezó a tecnificarse más y a su vez, a facilitarle el trabajo a los agricultores a través de la concesión de maquinas de trillado. El proyecto representa hoy en día el trillado de 10 arrobas de quinua en una hora, mientras que anteriormente para trillar una arroba se demoraban un día.

4. **Venteo y limpieza:** Cuando en el proceso se cuenta con maquinas como la trilladora o la clasificadora, la limpieza del grano se hace de manera simultánea. En este caso, al contar con maquina clasificadora propia, se ahorra trabajo al no tener que lanzar el grano al aire repetidamente hasta que quede limpio; esto gracias a los ventiladores que tiene la clasificadora, los cuales absorben la suciedad y el polvo presente en los granos de quinua.
5. **Desaponificación:** Esta etapa se realiza por medio del método de lavado tradicional, y para su desarrollo, Juan Carlos utiliza *tibungos*⁷ de 100 litros aproximadamente, en donde se echa la quinua y manualmente se empieza a frotar el grano hasta retirar la saponina del mismo. Para ello, es necesario realizar 3 lavados, tomando el agua del acueducto artesanal del resguardo.

Una forma fácil y artesanal de saber que el grano ya no contiene saponina es porque en el agua residual ya no se forma espuma y está completamente clara y limpia. Esta actividad lleva un tiempo aproximado de 20 minutos.

6. **Secado:** Para secar el grano de quinua, Juan Carlos utiliza la misma máquina secadora donde seca las panojas después de la siega. Así mismo, asegura que el grano debe quedar con una humedad comercial entre el 12 y 13% y para exportar debe tener el 11%; para ello, cuenta con un medidor de humedad de grano portátil.

⁷ Tibungo: Cilindro hueco para guardar cosas

Figura 6. Medidor de humedad de grano portátil



Fuente: [Fotografías propias]. (Pueblo indígena Misak, 2018). Silvia, Cauca

7. **Selección del grano:** Una vez que el grano tenga la humedad ideal se debe realizar su selección y clasificación, debido a que la panoja produce granos grandes, medianos y pequeños. Para el desarrollo de esta actividad, Juan Carlos cuenta también con una máquina seleccionadora de granos en su casa con una capacidad de 60 Kg. Esta clasificación le ha permitido un mejor uso de los granos; en donde los más pequeños van para la molienda y para elaborar productos transformados a partir de harina; los medianos irán para usos como hojuelas y otros en donde el grano entero no esté visible; y finalmente, los granos grandes para los perlados y embolsados como grano natural.

Figura 7. Maquina seleccionadora



Fuente: [Fotografías propias]. (Pueblo indígena Misak, 2018). Silvia, Cauca

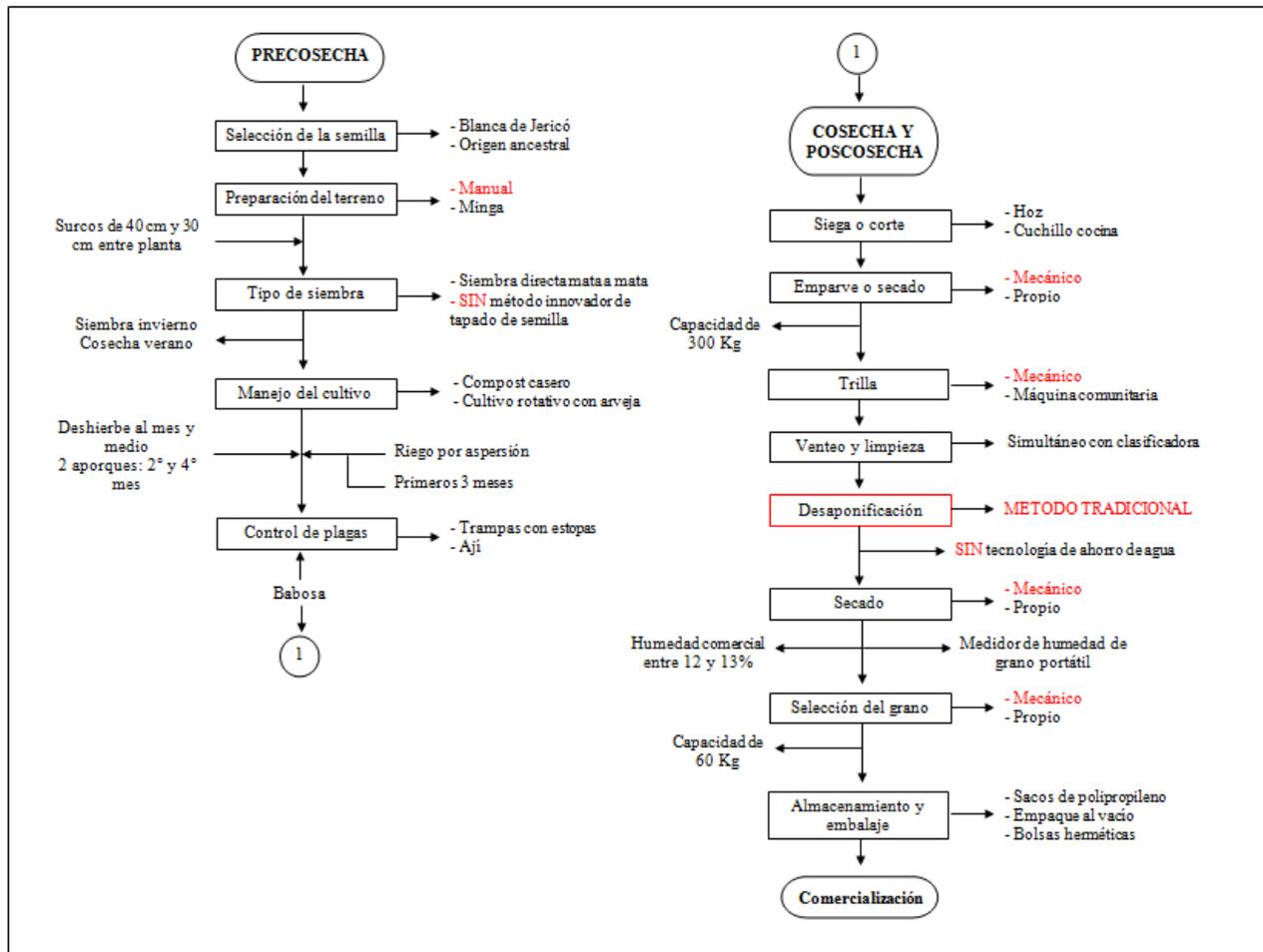
8. **Almacenamiento y embalaje:** Generalmente el grano debe ser almacenado en lugares secos, frescos y en envases apropiados. Juan Carlos almacena el grano en sacos de polipropileno, los cuales conserva dentro de las instalaciones de su casa, utilizando estibas de plástico reciclado para facilitar su transporte y evitar el deterioro del grano. Finalmente, para el embalaje, utiliza un sistema de empaque al vacío, por medio del cual se procura generar un campo de vacío alrededor del producto y mantenerlo dentro del empaque (bolsas herméticas).

Figura 8. Almacenamiento y embalaje



Fuente: [Fotografías propias]. (Pueblo indígena Misak, 2018). Silvia, Cauca

Figura 9. Diagrama de flujo pueblo indígena Misak



Fuente: Elaboración propia, 2018

9.1.2. Etapas del proceso productivo estudio de caso finca El Porvenir

A continuación se describe cada etapa del cultivo de quinua con los aspectos técnicos desarrollados en la pre cosecha, cosecha y poscosecha que maneja la señora Nelly Correa López, quien autorizó que tanto su nombre como la información dada el día 12 de marzo de 2018 sea divulgada en este documento.

PRECOSECHA

- Selección de la semilla:** Aproximadamente hacia el año 2000, Nelly y los agricultores del sector consiguieron muestras de semillas de quinua traídas de Nariño y sin saber exactamente que variedad o ecotipo eran, empezaron a experimentar con ellas, desde la más amarga a la más dulce, obteniendo un buen resultado, ya que dichas tierras son muy aptas para el cultivo de quinua. Se ha cultivado quinua de 4 meses (periodo vegetativo precoz) como es la variedad *Aurora*, la cual ya no se cultiva porque se desgrana la panoja muy verde y el grano se va desgranando solo, así que las pérdidas son bastante altas; además, el comercio de esta variedad no es fácil, debido a que el grano es de color moreno. Por esta razón hoy en día Nelly opta por cultivar quinua de 7 meses (periodo vegetativo tardío).

Actualmente, Nelly cultiva la variedad de quinua tardía *Tunkahuan*, semilla que en sus inicios fue traída del Perú, optándose por trabajar únicamente la quinua dulce que es para consumo humano, ya que requiere menos mano de obra en la desaponificación y además es de grano grande, lo cual facilita su limpieza y selección, así como su comercio ya que gracias al tamaño de su grano se pueden hacer perlados y aprovechar más los nutrientes. Esta se selecciona de la planta que viene más pronto, que tenga el grano más grueso y de mejor porte. No se hace tratamiento a la semilla.

2. **Preparación del terreno:** Nelly cultiva en un área correspondiente a 1 fanega, que equivale a 0,64 ha o 6400 m². Dicho esto, se prepara la tierra con herramientas manuales de manera que quede bien suelta y la deshierba, luego hace los surcos de 80 a 90 cm entre ellos, en donde puede sembrar una cantidad aproximada de 35.500 plantas, como se maneja en el cultivo de papa. El surco no debe quedar tan profundo ya que el grano es muy delgado y puede que no crezca. Anteriormente Nelly trasplantaba la quinua, en donde los surcos se manejan entre 40 y 50 cm, ya que cuando se trasplanta la quinua, aumenta su producción pero con ella, la mano de obra.

El buen desarrollo del cultivo depende de esta etapa, es decir, la tierra debe quedar bien abonada para que durante toda la cosecha no sea necesario el uso de fertilizantes; sin embargo, Nelly siembra luego del cultivo de papa, aprovechando los nutrientes que deja, debido a que la quinua necesita calcio y potasio.

3. **Tipo de siembra:** Nelly hace la siembra mediante siembra directa a chorrillo, teniendo en cuenta de que esta no quede muy tapada para que pueda crecer. Como se menciona anteriormente este tipo de siembra se realiza sobre rastrojo, el cual se puede apreciar en la figura 10. Dicho esto, Nelly hace la siembra de la semilla de una manera muy particular, como ella misma lo relató:

“Yo lo que hago para economizar costos, me amarro un costal en la cintura, un costal en los que se empaca la cebolla, le echo un poquito de peso, me lo amarro de manera que el costal arrastre, yo voy regando la semilla y el costal va arrastrando y va tapando, con eso de una vez se hace la labor del tapado; porque también se puede con una rama pero sería doble trabajo: una persona regando, luego se devuelve a tapar... yo lo hago así y me ha dado buen resultado”(N. Correa, comunicación personal, 12 de marzo de 2018).

Figura 10. Rastrojo para siembra directa



Fuente: [Fotografías propias]. (Finca El Porvenir, 2018). Tibasosa, Boyacá

En algunas ocasiones, Nelly también hace siembra por trasplante, lo que requiere la realización de los semilleros con un mes de anterioridad, luego se prepara el terreno y se siembran las plantas que tengan un mes (tiempo ideal). Nelly por lo general siembra en febrero para cosechar en agosto y viceversa, es decir que, los meses ideales para la recolección son: agosto, diciembre, enero o febrero; los cuales representan épocas de verano, ya que la quinua es un grano muy delicado y si se amontona y no se le da el suficiente sol se daña con facilidad.

4. **Manejo del cultivo:** Nelly realiza el deshierbe y aporque al mismo tiempo y a los tres meses de haber sembrado la semilla, dependiendo también de la cantidad de hierba que crezca a su alrededor. La deshierba y el aporque son de gran importancia para el crecimiento de la planta, ya que si no tiene buena tierra y la panoja crece gruesa, esta se puede voltear por su peso y el del grano. Por lo general se vuelve a tapar la planta con la misma tierra previamente abonada, utilizando el abono orgánico que prepara Nelly en la finca, bocashi⁸. Cabe resaltar que Nelly emplea cultivos rotativos con papa para aprovechar sus nutrientes.
En cuanto al riego, como se mencionó anteriormente depende del clima, y si resulta necesario, se emplea el método de riego por aspersión durante los primeros dos meses, después el riego es menos frecuente gracias a que esta planta es muy resistente al verano.
5. **Control de plagas:** La plaga que más ataca es el minador⁹, que es el más frecuente en cultivos de quinua de esta región y para el cual Nelly aplica un preparado de ají.

COSECHA Y POSCOSECHA

Las etapas o fases básicas denominadas también actividades de cosecha y poscosecha se describen a continuación:

1. **Siega o corte:** En la finca de Nelly se utiliza la hoz o la podadora para realizar la siega o corte de la panoja. Esta actividad se realiza cuando las hojas empiezan a tornarse de color amarillo pálido y se empiezan a caer o al frotar la mano con la panoja y ver que el grano se empieza a desprender es señal de que la planta ha alcanzado su madurez fisiológica.
2. **Emparve o secado:** Debido a que las panojas se cortan en su madurez fisiológica, es necesario que pierdan algo de humedad para que sea posible el trillado. Nelly utiliza unas lonas grandes y largas, en las cuales organiza las panojas en un solo sentido y las deja debajo de un invernadero sencillo que tiene en la finca, con el fin de proteger la panoja de la lluvia y evitar pérdidas por pudriciones del grano; esto se hace en un tiempo aproximado de 7 a 15 días.

⁸ Bocashi: Palabra japonesa que significa materia orgánica fermentada

⁹ Minador: larvas de insectos que viven en el interior del tejido de las hojas

Figura 11. Invernadero para secar las panojas



Fuente: [Fotografías propias]. (Finca El Porvenir, 2018). Tibasosa, Boyacá

3. **Trilla:** Para el desarrollo de esta etapa hay que tener en cuenta que el grano no esté ni muy seco ni muy húmedo y consiste en separar el grano de la planta; es decir, que debe quedar libre de hojas, tallos y otras partes de la misma. Nelly lleva a cabo esta etapa de manera mecánica, lo cual consiste en el empleo de una trilladora alquilada, siendo de fácil acceso, ya que son las mismas máquinas de trillar el trigo y la cebada, los cuales son cultivos que abundan en la región. Nelly afirma que no tiene una trilladora en su finca ya que no se justifica la compra de la máquina porque no cosecha grandes cantidades de quinua. Esta actividad de trillado deja un residuo llamado *tamo* en el sector agrícola, el cual es utilizado por Nelly para alimentar a los animales o para reincorporarlo al suelo en el abono o preparación de la tierra.

Figura 12. Tamo resultado de la trilla



Fuente: [Fotografías propias]. (Finca El Porvenir, 2018). Tibasosa, Boyacá

4. **Venteo y limpieza:** Consiste en separar el grano de la broza¹⁰. Debido a que Nelly la mayoría de las veces emplea una trilladora, las actividades de venteo y limpieza se hacen de manera simultánea, es decir, al mismo tiempo. Anteriormente, cuando no se tenía acceso a maquinas trilladoras, a Nelly le tocaba trillar manualmente, lo cual consistía en frotar las panojas sobre una superficie dura (piedra), para luego recoger los granos en lonas; hecho esto, el venteo y la limpieza se realiza lanzando la semilla al aire y por fuerza de las corrientes de aire hay separamiento de materiales. Esto ocurre porque las semillas tienen mayor peso que las impurezas, quedando en la parte más baja por su mayor densidad.
5. **Desaponificación:** Como se mencionó anteriormente, en esta etapa del proceso productivo de la quinua se consumen grandes cantidades de agua, debido a que Nelly realiza el desaponificado del grano a través del método combinado de manera tradicional; es decir, primero se pasa en seco por un molino para soltar su cáscara y luego se hacen lavados sucesivos del grano, haciendo fricción con las manos para retirar las capas de saponina.

Para esta actividad, Nelly cuenta con una tecnología innovadora para el ahorro del agua, que consiste en la adaptación de un modelo de molino de maíz para hacer arepas de aproximadamente 1.20 cm de altura, con la implementación de un motor. El molino se gradúa de manera que no quede justo, para no dañar el grano, ni tan suelto, porque se pierde eficiencia, y luego se le va agregando el grano previamente humedecido, obteniendo como producto final un grano con la cáscara mas suelta. Esta actividad no tiene una duración mayor a 5 minutos y contribuye al ahorro del agua, ya que al obtenerse un grano con la cáscara mas suelta, se va a desprender con mayor facilidad en el lavado, disminuyendo así el número de lavados al grano. Cabe resaltar que la fuente de abastecimiento de agua para el lavado del grano corresponde a un nacimiento de agua que tiene Nelly en la finca.

Figura 13. Adaptación de molino de maíz



Fuente: [Fotografías propias]. (Finca El Porvenir, 2018). Tibasosa, Boyacá

¹⁰ Broza: Conjunto de restos de plantas, como ramas u hojas

6. **Secado:** Es necesario secar el grano hasta que alcance una humedad comercial para que sea posible su almacenamiento, ya que si queda con mucha humedad se puede fermentar y desmejorar la calidad del grano. Nelly lleva a cabo el secado extendiendo los granos en capas finas sobre un angeo plástico a una altura de aproximadamente 85 cm, con el fin de que el agua se drene y se seque más rápido el grano, exponiéndolos a la acción del aire y del sol durante dos días (dependiendo la intensidad del sol). Nelly afirma que los granos deben ser removidos y volteados constantemente, para que pierdan totalmente la humedad. Para conocer cuando el grano ya está seco, lo que se hace es coger una cierta cantidad de quinua en la mano y apretarla fuerte, si no está compacta es porque ya está seca.

Figura 14. Secado de quinua sobre angeo plástico



Fuente: [Fotografías propias]. (Finca El Porvenir, 2018). Tibasosa, Boyacá

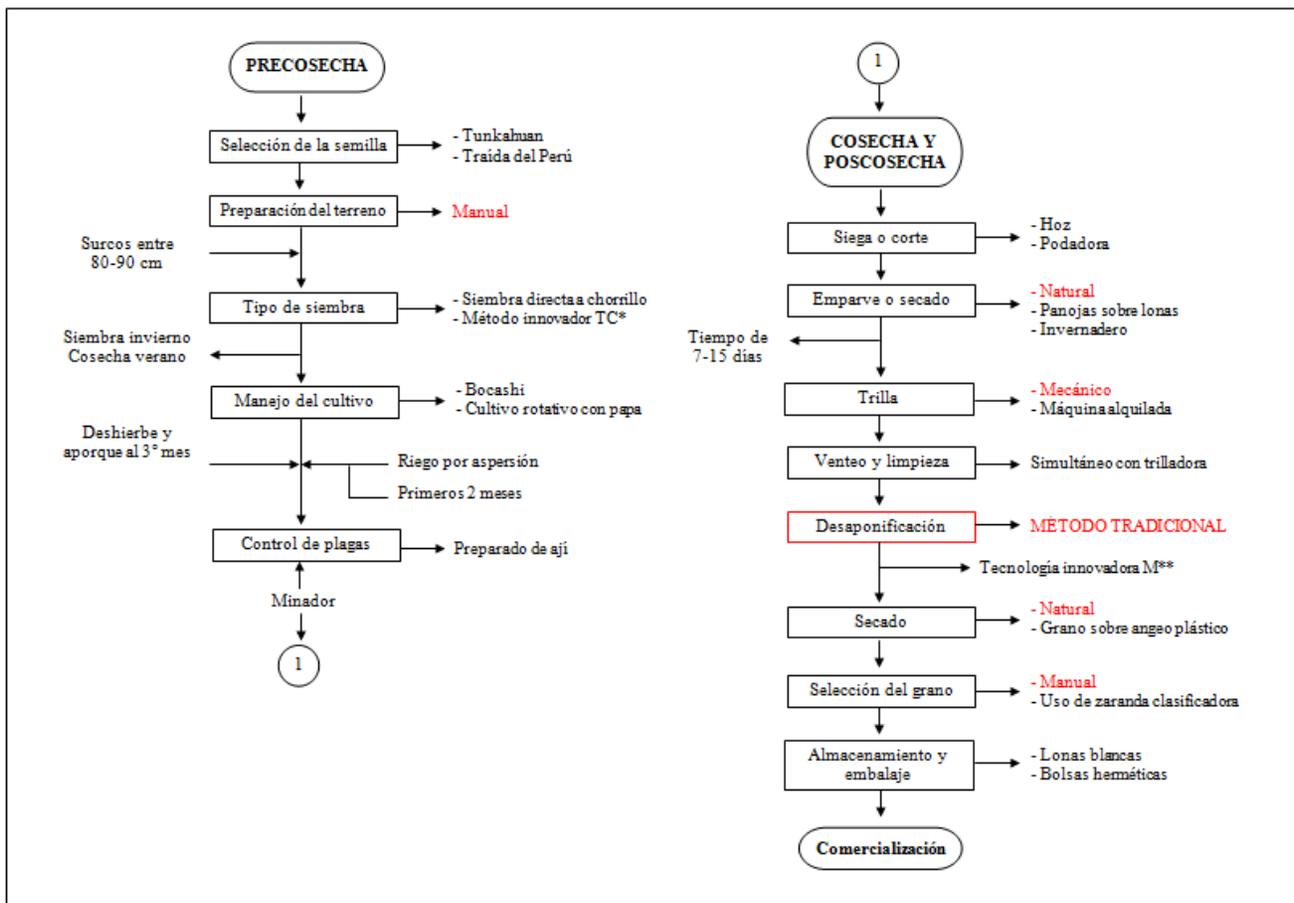
7. **Selección del grano:** Una vez seco el grano se procede a clasificarlo, ya que como afirma Nelly, muchas veces queda quinua con capuchón o que no ha soltado bien de la panoja, la cual queda atrapada en una herramienta utilizada en su finca denominada la zaranda clasificadora, en la cual como producto final se obtiene un grano limpio listo para su comercialización.
8. **Almacenamiento y embalaje:** Nelly almacena el grano de quinua en sacos de lonas blancas dentro su casa para su posterior embalaje, el cual consiste en empacar el producto en bolsas herméticas con su respectivo etiquetado, ya sea en forma de harina, hojuelas o grano perlado.

Figura 15. Quinua transformada



Fuente: [Fotografías propias]. (Finca El Porvenir, 2018). Tibasosa, Boyacá

Figura 16. Diagrama de flujo estudio de caso finca El Porvenir



*Método innovador de tapado de semilla con costal (TC)

**Tecnología innovadora de ahorro de agua con adaptación de un molino de maíz (M)

Fuente: Elaboración propia, 2018

9.2. Resultado objetivo específico 2: Realizar un análisis comparativo de los métodos y tecnologías empleadas en los dos procesos productivos, enfatizando la etapa de lavado.

A partir de las matrices de pensamiento del ciclo de vida tomadas del manual de eco-innovación de las Naciones Unidas, a continuación en las tablas 5 y 6, se determinan aspectos ambientales e impactos potenciales asociados al proceso productivo de la quinua en los dos estudios de caso, a través de la compilación de un inventario de entradas y salidas relevantes en cuanto a materia prima y energía, evaluando los impactos asociados a estas entradas y salidas a nivel ecológico, social y económico en todas las etapas del ciclo de vida. Posteriormente, en la tabla 7 se realiza un análisis comparativo de convergencias y divergencias sobre la información tabulada en las matrices, donde se compara el proceso óptimo según la FAO y la posición que tiene cada estudio de caso frente al manejo dado a cada etapa.

Tabla 5. Matriz de pensamiento del ciclo de vida pueblo indígena Misak

					Impactos ambientales		Impactos sociales			Impactos económicos
Fase	Actividad	Entradas	Salidas	Emisiones	Uso de recursos	Calidad del ecosistema	En los trabajadores	En los consumidores	En las partes interesadas	Rentabilidad
Selección de la semilla	Selección mejor planta	Semilla cultivo anterior	Semilla escogida				No tienen que desplazarse a ningún lado para obtener la semilla	Ausencia semilla transgénica		Baja demanda semilla certificada
Preparación del terreno	Adecuar el terreno para el cultivo	-Mano de obra -Herramienta manual -Compost casero	Terreno preparado con surcos entre 40 y 30 cm	-Maleza -Herramienta desgastada	Uso del suelo	Suelo sin erosión por no uso de arado	Mayor mano de obra y desgaste físico		-Fortalecimiento comunitario -Cambio de favores a través de las mingas	Aumento del costo en jornales
Siembra de la semilla	Siembra directa	-Rastrojo -Semilla -Mano de obra	Semilla sembrada		Uso del suelo	-Suelo sin erosión -Contaminación evitada por no uso de agroquímicos	Mayor mano de obra			Aumento del costo en jornales comparado con la siembra mecánica
Manejo del cultivo	Aporcar y deshierbar a los 4 meses	-Tierra -Compost casero	Cultivo con mayor rendimiento	Maleza	Suelo	-Mejor calidad de suelo, aire y agua por no uso de agroquímicos -Descanso de suelos con cultivos rotativos de arveja	Mayor mano de obra	Grano de mejor calidad	Vecinos con mejor calidad de agua, aire y suelo por no uso de agroquímicos	Incremento en el rendimiento del cultivo
Control de plagas	Preparar trampas	-Ají -Estopas	Cultivo libre de plagas	-Babosa -Estopas descompuestas con babosas	-Aire -Suelo	Mejor calidad de suelo, aire y agua por no uso de agroquímicos	-Menor mano de obra al no fumigar -Aprovechamiento de biomasa de las babosas para alimentar animales de la finca	Grano más limpio	Vecinos con mejor calidad de agua, aire y suelo por no uso de agroquímicos	Ahorro por el no uso de agroquímicos
Siega o corte	Cortar panojas en su fase de madurez fisiológica	-Hoz -Cuchillo de cocina	Panojas maduras fisiológicamente	-Herramienta manual desgastada -Tallos de la planta		Suelo con rastrojo para su reincorporación en la próxima siembra	-Riesgo de accidente con herramienta manual -Mayor mano de obra			Aumento de costos para adquirir herramientas manuales
Emparve o secado	Secar la panoja	-Panoja -Máquina secadora -Energía	Panoja entre 12 a 15% humedad	Consumo de energía		Impactos negativos al ambiente por mayor demanda	Optimización de tiempo con maquina secadora	Aumento de costo de adquisición por proceso mecánico	Ingreso adicional por alquiler de maquina a otros	Al optimizar tiempo la producción se acelera

		eléctrica				de energía			agricultores	
Trilla	Separar el grano de la planta	-Planta -Máquina trilladora -Energía eléctrica	Grano de quinua	-Consumo de energía -Tamo		Impactos negativos al ambiente por mayor demanda de energía	-Ausencia de manos desgastadas por trillado manual -Optimización de tiempo	Aumento de costo de adquisición por proceso mecánico	Mayor ingreso a la región por disposición de máquinas	Ahorro de costos por ser una maquina comunitaria
Venteo y limpieza	Separar el grano de la broza	-Grano con broza -Máquina trilladora -Energía eléctrica	Grano de quinua limpio	-Impurezas -Ramas -Granos inmaduros		Contaminación del aire evitada por no manejo de venteo manual	Tiempo optimizado por uso de maquina trilladora	Grano más limpio	Mayor ingreso a la persona que alquila las maquinas	Aumento de costos por alquiler de maquina trilladora
Desaponificación	Retirar la saponina del grano	-Grano -Agua -Mano de obra -Tibungo	Grano desaponificado (Dulce)	-Agua residual contaminada -Manos desgastadas por fricción	-Uso del agua -Suelo	-Consumo excesivo de agua para lavado del grano -Contaminación del suelo por vertimientos de aguas contaminadas	-Manos desgastadas por fricción para retirar la saponina del grano -Tiempo no optimizado	Impacto positivo a la salud al no consumir un grano de quinua con saponina	Desacuerdos con entes encargados y agricultores vecinos por captación de agua	
Secado	Secar el grano hasta su humedad comercial ideal	-Energía solar -Medidor de humedad de grano portátil	Grano seco		Aire		Tiempo no optimizado	Grano no fermentado ni desmejorado		Ahorro de costos al aprovecharse la energía solar
Selección del grano	Separar el grano grande, mediano y pequeño	-Granos a seleccionar -Maquina seleccionadora -Energía eléctrica	Grano separado	Consumo de energía		-Impactos negativos al ambiente por mayor demanda de energía -Emisiones por el uso de energía	Optimización de tiempo para seleccionar granos	Facilidad en la selección de diferentes alternativas de consumo	Mayor competitividad	Mayor demanda al ofrecer diferentes alternativas
Almacenamiento y embalaje	Almacenar y empacar el producto	-Sacos de pp -Bolsas herméticas -Estibas de plástico reciclado	Producto empacado para comercializar	Sacos de pp vacíos		Impactos negativos al ambiente por residuos de bolsas herméticas		Deterioro del producto por almacenamiento en sacos de pp		Ahorro de costos al almacenar en su casa

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 6. Matriz de pensamiento del ciclo de vida finca El Porvenir

					Impactos ambientales		Impactos sociales			Impactos económicos
Fase	Actividad	Entradas	Salidas	Emisiones	Uso de recursos	Calidad del ecosistema	En los trabajadores	En los consumidores	En las partes interesadas	Rentabilidad
Selección de la semilla	Selección planta con mejor porte	Semilla cultivo anterior	Semilla escogida				No tienen que desplazarse a ningún lado para obtener la semilla	Ausencia semilla transgénica		Baja demanda semilla certificada
Preparación del terreno	Adecuar el terreno para el cultivo	-Mano de obra -Herramienta manual -Bocashi	Terreno preparado con surcos entre 80 y 90 cm	-Maleza -Herramienta desgastada	Uso del suelo	Suelo sin erosión por no uso de arado	Mayor mano de obra y desgaste físico		Ofertas de trabajo en vecino para preparar terreno	Aumento del costo en jornales
Siembra de la semilla	Siembra directa con método TC	-Costal -Rastrojo -Semilla -Mano de obra	Semilla sembrada	Costal deteriorado con el tiempo	Uso del suelo	-Suelo sin erosión -Contaminación evitada por uso de agroquímicos	Menor mano de obra por optimización de método TC	Mayor mano de obra	Disminución en las ofertas de trabajo	Disminución del costo en jornales por método TC
Manejo del cultivo	Deshierbar planta de 12 cm y regar primeros 2 meses	-Tierra -Bocashi	Cultivo con mayor rendimiento	Maleza		-Mejor calidad de suelo, aire y agua por no uso de agroquímicos -Descanso de suelos con cultivos rotativos de papa	Mayor mano de obra	Grano de mejor calidad	Vecinos con mejor calidad de agua, aire y suelo por no uso de agroquímicos	Rendimiento del cultivo por ha
Control de plagas	Preparar trampa	Preparado de ají	Cultivo libre de plagas	-Minador -Utensilios empleados para el preparado		Mejor calidad de suelo, aire y agua por no uso de agroquímicos	Menor mano de obra al no fumigar	Grano más limpio	Vecinos con mejor calidad de agua, aire y suelo por no uso de agroquímicos	Ahorro por el no uso de agroquímicos
Siega o corte	Cortar panojas en su fase de madurez fisiológica	-Hoz -Podadora	Panojas maduras fisiológicamente	-Herramienta manual desgastada -Tallos de la planta		Suelo con rastrojo para su reincorporación en la próxima siembra	-Riesgo de accidente con herramienta manual -Mayor mano de obra			Aumento de costos para adquirir herramientas manuales
Emparve o secado	Secar la panoja	-Panoja -Lonas -Invernadero -Energía solar	Panoja entre 12 a 15% humedad	Lonas deterioradas		Impactos positivos al ambiente por no uso de energía eléctrica	Tiempo no optimizado por secado natural			Ahorro de costos al no pagar por energía eléctrica
Trilla	Separar el grano de la planta	-Planta -Máquina trilladora -Energía eléctrica	Grano de quinua	-Consumo de energía -Tamo		Impactos negativos al ambiente por mayor demanda de energía	-Ausencia de manos desgastadas por trillado manual -Optimización de tiempo	Aumento de costo de adquisición por proceso mecánico	Mayor ingreso a quien alquile la maquina	Aumento de costos por alquiler de maquina

Venteo y limpieza	Separar el grano de la broza	-Grano con broza -Máquina trilladora -Energía eléctrica	Grano de quinua limpio	-Impurezas -Ramas -Granos inmaduros		Contaminación del aire evitada por no manejo de venteo manual	Tiempo optimizado por uso de maquina trilladora	Grano más limpio	Mayor ingreso a la persona que alquila las maquinas	Aumento de costos por alquiler de maquina trilladora
Desaponificación	Retirar la saponina del grano con tecnología M	-Grano -Agua -Mano de obra -Molino -Platón	Grano desaponificado (Dulce)	-Agua residual contaminada -Manos menos desgastadas por fricción	Uso del agua	Menor consumo de agua por tecnología M	-Manos menos desgastadas por fricción para retirar la cáscara del grano -Tiempo optimizado	Impacto positivo a la salud al no consumir un grano de quinua con saponina	Desacuerdos con entes encargados y agricultores por captación de agua	
Secado	Secar el grano hasta su humedad comercial ideal	-Energía solar -Angeo plástico	Grano seco	Angeo plástico desgastado			Tiempo no optimizado	Grano no fermentado ni desmejorado		Ahorro de costos al aprovecharse la energía solar
Selección del grano	Separar el grano limpio de los inmaduros	-Granos -Zarandón	Grano clasificado				Mayor mano de obra	Grano más limpio		
Almacenamiento y embalaje	Almacenar y empacar el producto	-Lonas blancas -Bolsas herméticas	Producto empacado para comercializar	Lonas blancas vacías		Impactos negativos al ambiente por residuos de bolsas herméticas				Ahorro de costos al almacenar en su casa

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 7. Análisis de convergencias y divergencias de los estudios de caso

	Etapas del proceso productivo	Estudio de caso pueblo indígena Misak Juan Carlos Muelas	Estudio de caso finca El Porvenir Nelly Correa López	Convergencias y divergencias	Proceso óptimo según la FAO*	Análisis y discusión
PRECOSECHA	Selección de la semilla	Blanca de Jericó Planta de mayor rendimiento del cultivo anterior Origen ancestral	Tunkahuan Planta de mayor rendimiento del cultivo anterior Semilla traída del Perú	Convergencias. Sabor dulce, color blanco y procedencia Divergencias. Variedad y origen	La FAO (2014), afirma que las mejores variedades dulces para cultivar en este tipo de suelos son la Tunkahuan y la Aurora. Además, también asegura que cuando el agricultor desea emplear su propia semilla, debe seleccionar un sector del campo donde la cosecha de grano asegure la calidad de la semilla y esté libre de enfermedades transmitidas por semillas.	En general, los suelos francos del cultivo de Nelly son aptos para cualquier variedad de quinua; en donde aprovecha para cultivar variedades tardías, como lo es la Tunkahuan con un periodo vegetativo de 7 meses. En el caso del cultivo de Juan Carlos, opta por cultivar Blanca de Jericó, la cual corresponde a una variedad semitardía con un periodo vegetativo de 6 meses; esto debido al suelo franco-arenoso susceptible encharcamientos.
	Preparación del terreno	Manual Minga Surcos de 40 cm entre ellos y	Manual Jornales Surcos de 80-90 cm entre ellos	Convergencias. Tipo de adecuación del suelo Divergencias. Manejo de	Siempre se recomendará realizar la adecuación del suelo de manera manual sin el uso de tractor o	En los dos cultivos aplica la preparación del suelo de manera manual, ya que los dos tienen áreas de

		de 30 cm entre planta		trabajadores, realización de surcos y cantidad de plantas cultivadas por ha	animales, siempre y cuando el área sembrada no sea mayor a 1 ha. En cuanto a los surcos se recomienda que sea de 50 a 70 cm entre surcos y de 30 a 80 cm entre planta cuando las variedades son semitardías y de 80 a 100 cm entre surcos para las variedades más tardías (FAO, 2014).	siembra de aproximadamente media ha. Por otro lado, Juan Carlos debería hacer los surcos entre ellos desde 50 cm al sembrar Blanca de Jericó, la cual es una variedad semitardía, pero los hace desde 40 cm para aumentar el volumen del cultivo, lo que a su vez le beneficia ya que al no haber tanto espacio no da lugar al crecimiento de plantas ramificadas, disminuyendo el ciclo vegetativo y evitando el crecimiento de malezas (FAO, 2016). Los surcos entre planta los maneja desde 30 cm, distancia recomendada al ser sembrada mata a mata. Además, en el caso del pueblo indígena Misak se ahorran costos al no tener que pagar jornales, por medio de las mingas que son un intercambio de favores o mano de trabajo, contrario a lo que sucede en el caso de la finca El Porvenir.
Tipo de siembra	Siembra directa mata a mata Siembra invierno – Cosecha verano SIN método innovador de tapado manual con costal o con rama	Siembra directa a chorrillo Siembra invierno – Cosecha verano Método innovador de tapado con costal (TC)		Convergencias. Época de siembra Divergencias. Técnica de siembra y método innovador de tapado para ahorrar tiempo y costos	La FAO (2014) recomienda lo siguiente: La siembra se puede realizar de tres maneras: a chorrillo, mata a mata o por sitio; la última es la más recomendada, ya que es más fácil el deshierbe y requiere menor número de jornales. Así mismo, se le recomienda al agricultor programar la siembra en épocas de lluvia para cosechar en tiempo seco.	Se identifico que en ninguno de los dos cultivos emplean la técnica de siembra recomendada por la FAO (2014), lo cual no significa que por los otros métodos se vaya a obtener un producto desmejorado, es elección del agricultor. De esta manera, Juan Carlos prefiere la siembra directa mata a mata, ya que asegura que crece más alta y aumenta su productividad; por otro lado, Nelly realiza siembra directa a chorrillo debido a la experticia que tiene con el método. En cuanto a las épocas de siembra y cosecha, los dos cultivos cumplen con el mismo requisito, ya que Juan Carlos siembra en septiembre o febrero y Nelly en Febrero o Agosto, meses correspondientes a la época de lluvia de la ubicación de los cultivos; esto con el fin de cosechar en meses secos para evitar pérdidas por pudrición de panojas y germinación de granos antes de la cosecha. Se puede evidenciar también que Nelly emplea una técnica adaptada por ella misma para economizar costos por jornales y

						tiempo de trabajo, que es el método TC, ya que como Juan Carlos, no tiene el privilegio de realizar mingas.
Manejo del cultivo	<p>Cultivo rotativo con arveja Deshierbe al mes y medio 2 aporques: al 2° mes y al 4° mes Riego por aspersión primeros 3 meses Compost casero</p>	<p>Cultivo rotativo con papa Deshierbe y aporque al 3° mes Riego por aspersión primeros 2 meses Bocashi</p>	<p>Convergencias. Empleo de cultivos rotativos y método de riego Divergencias. Tipo de cultivo rotativo, tiempo y veces de deshierbe y aporque, tiempo de riego y tipo de abono</p>	<p>Se recomienda sembrar quinua después del cultivo de papa o de leguminosas fijadoras de N como la arveja, con el fin de aprovechar los nutrientes remanentes como el calcio, potasio y nitrógeno, los cuales en su ausencia, las hojas de la planta se tornan de color verde pálido o amarillo. Se deben realizar dos deshierbes y dos aporques durante toda la cosecha al mismo tiempo; el primero a los 40 días de haber sembrado la semilla y el segundo a los 3 meses (FAO, 2016). En cuanto al riego, la quinua prospera con 250 a 500 mm anuales de agua en promedio; en caso de utilizar sistemas de riego, deben ser suministrados de forma periódica y ligera, distanciados entre ellos cada 10, 15 a 20 días (FAO, 2016). Si es por consumo de agua, se recomienda el método de riego por goteo, siempre y cuando se tenga acceso a agua potable. Por otro lado, la FAO (2014) asegura que el bocashi es uno de los abonos orgánicos que más le apunta a mejorar la salud del agroecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo.</p>	<p>Los dos estudios de caso rotan los cultivos de manera adecuada, debido a que en cualquier caso quedan nutrientes remanentes que la quinua puede aprovechar. En cuanto al deshierbe y aporque, Nelly con base a su experiencia considera que es mejor hacerlo a los 3 meses, ya que a los 40 días no se justifica la mano de obra, pues aun la maleza no es significativa; por el contrario, Juan Carlos si realiza el aporque dos veces, debido a los fuertes vientos de la zona y al crecer tan delgado el tallo se puede doblar. En cuanto al riego, los territorios donde están ubicados los estudios de caso cuentan con buena disponibilidad de agua por precipitación, siendo el estudio de caso del pueblo indígena Misak, la zona más lluviosa y húmeda. Si se usan sistemas de riego, estos dependerán del tipo de suelo, como en el caso de los Misak, cuyos suelos son franco-arenosos, los cuales tienen elevada permeabilidad y escasa retención de agua y por eso se riega un mes más que en el cultivo de Nelly, el cual cuenta con suelos francos, presentado equilibrio entre permeabilidad y retención de agua. Estos riegos se realizan por el método de aspersión, el cual es el más económico respecto a los otros y fácil de instalar, además de que cuentan con buena captación de agua. De los dos cultivos, el de Nelly es el más acertado en cuanto al empleo de los abonos, pues ella emplea bocashi debido a su fácil y rápida preparación: así mismo, el compost casero que emplea Juan Carlos para su cultivo, aparte de utilizar residuos de cocina, también debe tomar ingredientes utilizados en el bocashi como estiércol fresco, salvado de arroz, entre otros.</p>	

	Control de plagas	Plaga: Babosa Control: Ají y trampas con estopas	Plaga: Minador Control: Preparado de ají	Convergencias. Medida de control Divergencias. Tipo de plaga	Se recomienda realizar una buena preparación del terreno para la siembra, con incorporación o dispersión de residuos vegetales y fracturar y desterronar cespedones, para predisponer un ambiente menos favorable para la concentración de babosas. También, en los sitios de mayor ataque de babosas se deben poner costales bien húmedos y de fique viejo durante la noche y así facilitar su colecta. La capacidad de atracción aumenta colocando metaldehído (mata babosa) dentro de los costales. Para los minadores se deben realizar caldos con algún extracto vegetal, como tabaco, fique o la flor de muerto. Los caldos de ají también resultan eficaces contra las babosas (FAO, 2014).	Los dos cultivos añaden residuos vegetales en el momento de adecuar el terreno para la siembra, los cuales hacen referencia al rastrojo que queda después de la siega de la planta; el cual, según la FAO (2014), disminuye la concentración de babosas en la base de la planta. Dicho esto, se identifico que Juan Carlos realiza un buen control de plagas a través del preparado de ají y el costal de fique; y en cuanto a Nelly, le hace falta reforzar el preparado de ají con algún extracto vegetal para que el control sobre el minador sea más eficaz.
COSECHA Y POSCOSECHA	Siega o corte	Hoz o cuchillo de cocina Planta con hojas amarillentas y sueltas	Hoz o podadora Planta con hojas amarillentas y sueltas	Convergencias. Herramientas de trabajo y ciclo de madurez de la planta Divergencias. No presenta	La FAO (2016) determina que la siega se debe realizar cuando las plantas alcanzan su madurez fisiológica y los granos presentan una humedad cercana al 30%. Se utilizan herramientas como la hoz, la segadora mecánica, la tijera de podar y/o el machete. Se recomienda realizar esta labor en horas de la mañana, cuando las plantas aun mantienen la humedad del rocío para evitar el desprendimiento de los granos que con el sol se resecan y se caen.	En cuanto al uso de herramientas adecuadas para el desarrollo de esta etapa, los dos estudios de caso coincidieron. Por otra parte, la literatura asegura que las plantas deben tener una humedad alrededor de 30% para poder ser cortadas, y tanto Nelly como Juan Carlos determinan el nivel de humedad adecuado a través de la vista y el tacto, pues se reconoce cuando las hojas de las plantas alcanzan un color amarillo pálido y que a su vez se pueda ver el grano y también se puede reconocer al frotar la mano con la panoja y que el grano ya se desprenda.
	Emparve o secado	Mecánico (propio) Capacidad de 300 Kg	Natural Panojas sobre lonas Uso de invernadero Tiempo de 7-15 días	Convergencias. No presenta Divergencias. Tipo de proceso, material empleado y tiempo de trabajo	Debido a que las plantas son segadas con 30% de humedad, es necesario que pierdan agua para el trillado. Así mismo, el tipo de proceso de secado depende del agricultor, evaluando que sea rentable y que no genere impactos ambientales significativos. Cuando el proceso es natural, se recomienda que se organicen las panojas hacia	En cuanto al cultivo de Nelly, ella realiza el secado de manera natural, debido a que no cultiva grandes cantidades de quinua, por lo cual no es rentable la adquisición de una maquina de secado. Así mismo, Nelly emplea una clase de invernadero artesanal, donde protege la panoja de la lluvia, el cual solo está adaptado para las lluvias de baja intensidad ya que no tiene

					arriba formando arcos hasta que tengan la humedad adecuada para la trilla (12-15%). El secado se puede realizar sobre mantas de lona (FAO, 2016). Es importante utilizar plásticos para evitar el humedecimiento por lluvia y deteriorar el grano, generando pudrición o fermentación que acarrea pérdida de calidad del mismo.	protección alrededor y en el momento de una lluvia fuerte la quinua se verá afectada, por lo cual deberá cubrir el invernadero con policarbonato transparente en los laterales. Por otro lado, en los dos cultivos calculan la humedad de la misma manera, cuando la envoltura floral se desprenda fácilmente. En cuanto a Juan Carlos, para él si fue rentable la inversión de la máquina de secado, ya que su producción es mucho más grande, pero genera impacto negativo al ambiente al aumentar la demanda de energía eléctrica.
	Trilla	Mecánico Máquina comunitaria	Mecánico Máquina alquilada	Convergencias. Tipo de proceso Divergencias. Adquisición de máquina trilladora	Como en las etapas anteriores, esta etapa también depende del agricultor, pues aunque el proceso más empleado es el mecánico, también se puede hacer de manera manual, el problema es que deteriora las manos y se gasta mucho tiempo.	Aunque en los dos cultivos empleen el mismo tipo de proceso de trillado correspondiente al mecánico, la manera en que adquieren la maquina es diferente. Por su lado, Juan Carlos utiliza una maquina comunitaria, la cual está a disposición de los agricultores del resguardo de Guambía, gracias a un proyecto de la Gobernación del Cauca con el Sistema General de Regalías. En cuanto a Nelly, adquiere la máquina de forma alquilada, en donde le cobran por Kg de quinua trillado; esto debido a que no le es rentable la inversión de esta máquina.
	Venteo y limpieza	Mecánico Simultáneo con máquina clasificadora	Mecánico Simultáneo con máquina trilladora	Convergencias. Tipo de proceso Divergencias. Maquina encargada	Esta etapa está relacionada con las etapas de trillado y selección del grano, ya que cuando se utiliza una maquina trilladora o una clasificadora, el proceso de venteo y limpieza se hace simultáneo por medio de unos ventiladores que absorben suciedad y polvo.	A pesar de que los dos cultivos coinciden en el mismo tipo de proceso mecánico, la maquina por medio de la cual realizan la limpieza del grano es diferente. Juan Carlos lleva a cabo esta actividad por medio de la maquina clasificadora, la cual es propia y a su vez le sirve como seleccionadora del tamaño del grano. Además, como se menciono anteriormente, Juan Carlos maneja una escala de producción mucho más amplia (sembrando mas plantas en media ha) que la de Nelly y por eso le es más rentable adquirir este tipo de tecnologías. En cuanto a Nelly, le saca provecho a la maquina trilladora para que realice la actividad

						de limpieza del grano simultáneamente, ahorrando tiempo de trabajo.
Desaponificación	MÉTODO TRADICIONAL SIN tecnología innovadora de ahorro de agua Tiempo de 20 min aprox.	MÉTODO TRADICIONAL Tecnología innovadora M Tiempo de 10 min aprox.	Convergencias. Método de lavado del grano Divergencias. Tecnología innovadora para el ahorro y uso eficiente del agua	Es bien sabido que para esta etapa existen diferentes métodos para retirar la saponina del grano y obtener un producto final sin sabor amargo. El desarrollo de esta actividad también depende del agricultor, ya que tiene la posibilidad de invertir en una maquina (si es rentable), tomarla alquilada o realizar el método tradicional, el cual demanda grandes cantidades de agua y tiempo, y a su vez deteriora las manos de la persona que esté haciendo la fricción.	Se pudo identificar que los dos cultivos realizan el desaponificado por el método tradicional, con la diferencia de que uno de ellos, específicamente en la finca de Nelly, se adoptó una tecnología innovadora de ahorro del agua, que consiste en la adaptación de un molino de hacer arepas por donde se pasa la quinua antes de ser lavada, con el fin de que el molino le suelte mas la cáscara y no sean necesarios tantos lavados. Esta tecnología fue adoptada por Nelly como una manera de valorizar mas su producto, ya que al ver el trabajo tan tedioso que esto generaba y la pérdida de tiempo, había empezado a vender la quinua sin lavar a un precio más bajo. Lo anterior representa una práctica digna de replicación en otros cultivos, a manera de intercambio de BPA y aumentar su producción; como por ejemplo en el cultivo de Juan Carlos, quien puede adoptar fácilmente esta tecnología, siendo económica de adquirir y de fácil manejo.	
Secado	Mecánico (propio) Humedad comercial entre 12-13% Medidor de humedad de grano portátil	Natural Grano sobre angeo plástico Determinación de humedad por tacto y a simple vista	Convergencias. No presenta Divergencias. Tipo de proceso, material empleado, tiempo de trabajo y determinación de la humedad final	Se recomienda que en esta etapa el grano quede con una humedad aproximada de 10-12% para su posterior almacenamiento. El secado se puede realizar de manera mecánica o natural; en la primera se debe manejar una temperatura en concordancia con la humedad del grano: si está muy húmedo la temperatura debe ser más baja que cuando está más seco y debe estar alrededor de 30 a 35°C; en la segunda se deben colocar los granos de quinua sobre una lona y exponerlos al sol, removiéndolos cada 30 min. La exposición del grano por 6 a 8 horas es suficiente	En primer lugar, la manera en que se calcula la humedad del grano y se determina si ya está listo para almacenar, es diferente en cada cultivo, pues en el de Juan Carlos se cuenta con un medidor de humedad de grano portátil, el cual realiza la tarea; pero en el caso de Nelly lo que hace es coger una cierta cantidad de quinua en la mano y apretarla fuerte, si no se apelmaza ¹¹ es porque ya está seca. Así mismo, Nelly realiza el secado del grano de manera natural sin ponerlo sobre lonas, como afirma la literatura, sino sobre una estructura con angeo plástico de unos 85 cm de alto, con el fin de que el agua se drene y se seque	

¹¹ Apelmazar: Hacer que una masa esté menos esponjosa o más compacta de lo requerido

					para bajar la humedad, teniendo en cuenta el clima (FAO, 2016).	más rápido el grano.
Selección del grano	Mecánico (propio) Capacidad de 60 Kg Clasificar el grano por tamaño	Manual Uso de zaranda clasificadora Separar el grano inmaduro	Convergencias. No presenta Divergencias. Tipo de proceso, material empleado, objetivo de la etapa, tiempo de trabajo y diferentes ofertas por clasificación del grano en tamaños	El tipo de proceso elegido para el desarrollo de esta etapa depende de la finalidad del mismo; si es por proceso mecánico, lo que se hace es separar el grano por tamaño facilitando su comercialización; pero si en cambio es por proceso manual, lo que se hace es separar las impurezas como piedritas, semillas de malezas, restos de planta, granos arrugados, etc, por medio de mallas o zarandas para finalmente dejar el grano limpio (FAO, 2016).	Juan Carlos emplea el tipo de proceso mecánico, por medio de una máquina clasificadora de grano donde selecciona el grano por tamaño permitiéndole un mejor uso del mismo y aumentando su competitividad en el mercado. Esto debido a que Juan Carlos abastece de quinua a algunos restaurantes de ciudades y municipios del Departamento del Cauca y en algunas ocasiones exporta a Estados Unidos, entre otros. Por su lado, Nelly lo que hace es separar el grano de algunas impurezas de manera manual y por medio de una zaranda, para su posterior comercialización el día de mercado en el municipio de Tibasosa.	
Almacenamiento y embalaje	Sacos de polipropileno Empaque al vacío Embalaje con bolsas herméticas Estibas de plástico reciclado	Costal o lona blanca Embalaje con bolsas herméticas	Convergencias. Material de embalaje Divergencias. No presenta	Se recomienda que el lugar de almacenamiento sea un lugar fresco, seco y con pisos de cemento para evitar la entrada de roedores. Los granos deben ser almacenados en envases apropiados, de preferencia silos metálicos y nunca en envases de plástico o pp, los cuales deben ir encima de estibas para evitar el contacto directo con el piso del lugar (FAO, 2016).	Los dos estudios de caso cuentan con lugares frescos y secos de almacenamiento; sin embargo, en el caso de Nelly, el almacenamiento es en la entrada de su casa, en donde no cuenta con pisos de cemento para evitar roedores, ni tampoco emplea estibas para evitar el contacto directo con el piso de la casa. Juan Carlos en cambio, está en proceso de adecuación de su propia planta al lado de su casa, donde cuenta con todos los requerimientos de sanidad estipulados. Finalmente, se identificó que en ninguno de los estudios de caso se usan silos metálicos para el almacenamiento; por el contrario, se emplean sacos o lonas de plástico, los cuales procuran la presencia de roedores y polillas, debido a que este material facilita la conservación de humedad, dando olores desapropiados al producto.	

Fuente: Elaboración propia, 2018

*La descripción del proceso óptimo de cada etapa está basada en dos guías de la FAO de diferentes años, la del 2014 corresponde a un documento donde recopila consideraciones para el desarrollo agronómico del cultivo de quinua en el Departamento de Nariño, y la del 2016 corresponde a una guía más completa donde se describe el manejo correcto que se debe hacer por cada etapa del cultivo.

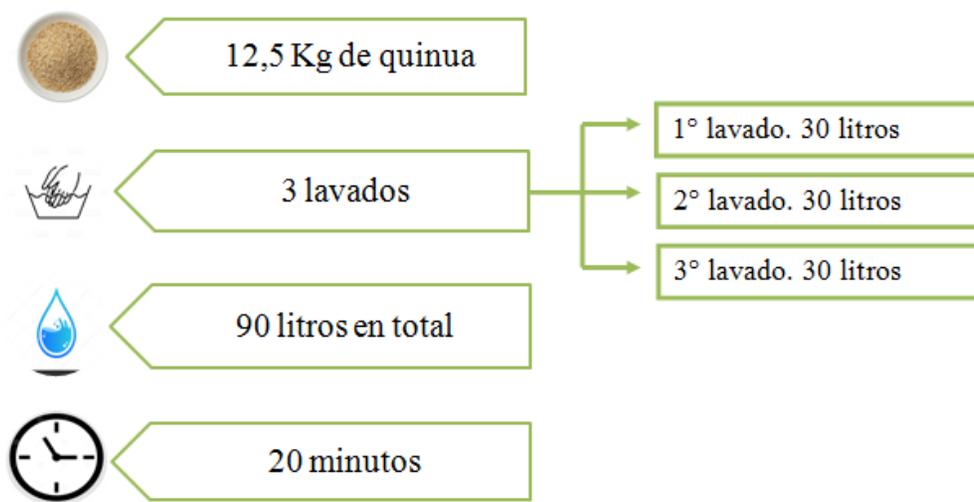
El propósito principal del ejercicio anterior fue determinar la etapa prioritaria de mayor atención utilizando las matrices de pensamiento del ciclo de vida, la cual fue la etapa de **Desaponificación** para los dos estudios de caso, debido a que en ambos se emplea esta actividad por métodos húmedos generando gran demanda de agua para la eliminación de la saponina en el grano. Además de generar deterioro al suelo por vertimientos de agua con esta sustancia, debido a sus características detergentes.

Por esta razón, a continuación se hace énfasis en esta etapa, siendo esta también el fundamento del presente trabajo de investigación. Dicho esto, se presenta una aproximación del consumo de agua generado al momento de lavar el grano de quinua para retirar la saponina, la cual es responsable de su sabor amargo. Cabe resaltar que los datos presentados fueron adquiridos mediante las entrevistas no estructuradas que se realizaron en las respectivas visitas de campo.

9.2.1. Consumo de agua estudio de caso pueblo indígena Misak

Los datos expresados a continuación fueron facilitados por el indígena Misak Juan Carlos Muelas durante la visita de campo, de los cuales ya tenía una aproximación a partir del proceso de lavado en los cultivos anteriores. Como se menciono anteriormente, ellos realizan el desaponificado por el método tradicional húmedo, teniendo como fuente de abastecimiento un acueducto artesanal, el cual tendrá repercusiones a largo plazo para la población circundante y para el recurso hídrico de abastecimiento.

Figura 17. Datos de consumo de agua en la desaponificación pueblo indígena Misak



Fuente: Elaboración propia, 2018

Con base en los datos anteriores, se realizó el cálculo para determinar el consumo de agua por kilogramo de quinua, como se muestra a continuación.

Tabla 8. Consumo de agua por Kg de quinua pueblo indígena Misak

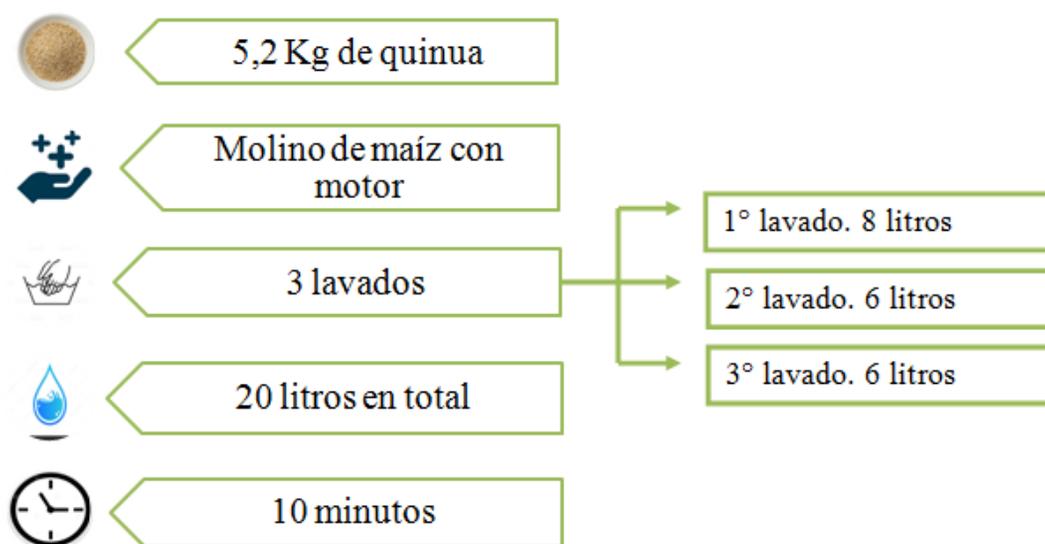
Cantidad de quinua (Kg)	Consumo de agua (l)
12,5	90
1	7,2

Fuente: Elaboración propia, 2018

9.2.2. Consumo de agua estudio de caso finca El Porvenir

Los datos presentados a continuación fueron adquiridos durante la visita de campo realizada a la finca El Porvenir, donde con ayuda de la señora Nelly Correa se pudo realizar un experimento con una cantidad de quinua de 5,2 Kg para poder calcular posteriormente el consumo de agua por Kg de quinua. Como se menciono anteriormente, ella cuenta con una tecnología innovadora que consiste en la adaptación de un molino de maíz con un motor, con el fin de aflojar la envoltura o cáscara del grano y así disminuir el número de lavados habituales, además de facilitarle el trabajo a quien realiza la actividad.

Figura 18. Datos de consumo de agua en la desaponificación finca El Porvenir



Fuente: Elaboración propia, 2018

Con base en los datos anteriores, se realizó el cálculo para determinar el consumo de agua por kilogramo de quinua, como se muestra a continuación.

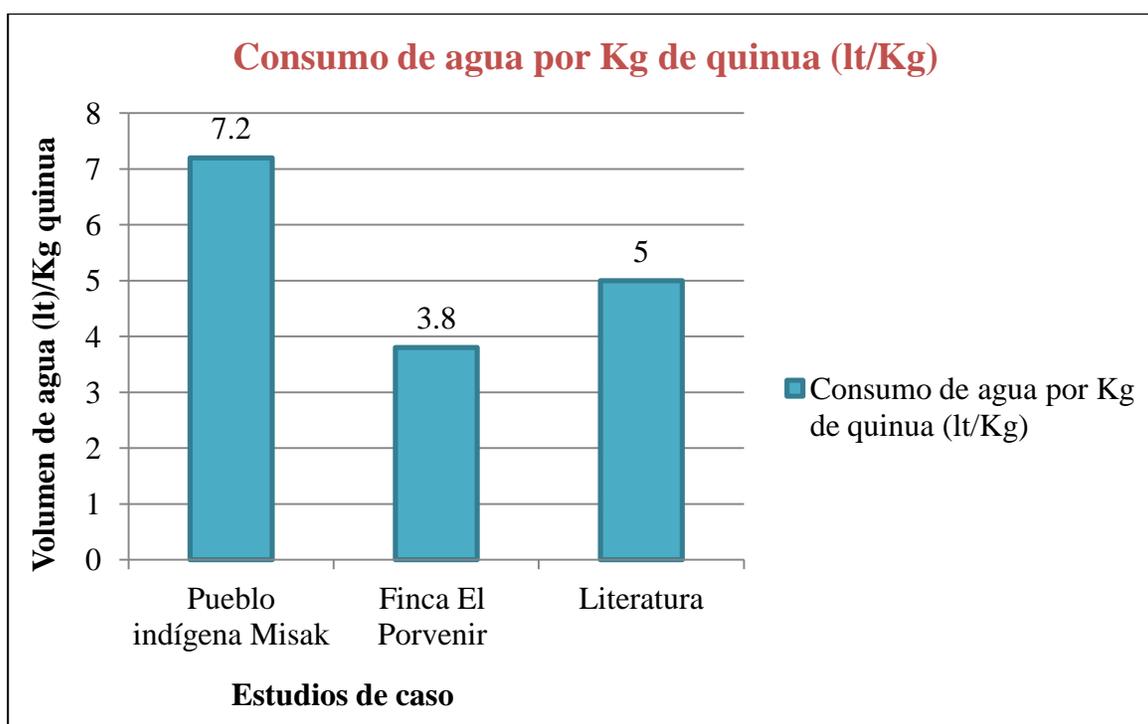
Tabla 9. Consumo de agua por Kg de quinua finca El Porvenir

Cantidad de quinua (Kg)	Consumo de agua (l)
5,2	20
1	3,8

Fuente: Elaboración propia, 2018

Después de conocer el consumo de agua por kilogramo de quinua en cada caso de estudio, se procede a hacer una comparación mediante una grafica que permita explicar la diferencia de consumos en términos de ahorro, entre estudios de caso y lo encontrado en la literatura.

Figura 19. Consumo de agua en los dos estudios de caso



Fuente: Elaboración propia, 2018

Teniendo en cuenta los datos de consumo por cada kilogramo de quinua obtenidos en las visitas de campo, a continuación se hace una relación entre los dos estudios de caso para determinar cuánto es el ahorro de agua de la finca El Porvenir con el uso del molino en comparación con el pueblo indígena Misak donde no emplean ningún método o tecnología que contribuya al uso eficiente y ahorro del agua.

Así pues, se determina que el ahorro de agua de la finca El Porvenir con relación al consumo de agua del pueblo indígena Misak corresponde al 47,3%.

Por otro lado, con base en los datos encontrados en la literatura, en donde se afirma que el consumo de agua por kilogramo de quinua en los métodos tradicionales por vía húmeda generalmente es de 5 lt/Kg, se hizo la siguiente relación para determinar cuánto es el ahorro de agua de la finca El Porvenir empleando la tecnología innovadora del molino de maíz y el exceso por parte del pueblo indígena Misak con respecto a la literatura.



Así pues, se determina que la finca El Porvenir hace un ahorro de agua del 24% con relación a lo encontrado en la literatura y en cambio, el pueblo indígena Misak tiene un exceso de consumo de agua equivalente al 44%.

Para darle una solución al exceso de agua consumido por el pueblo indígena Misak, se recomienda adoptar el método de lavados en cascada, el cual consiste en asignarle una tarea al volumen de agua residual de cada lavado; es decir, debido a que los Misak realizan tres lavados en la desaponificación, en el primer lavado el agua residual se bota ya que sale muy sucia; pero el agua del segundo lavado se puede reutilizar para dejar en remojo la próxima cantidad de quinua a lavar para que vaya soltando la cascara; y por último, el agua residual del tercer lavado, puede utilizarse para lavar por primera vez la próxima cantidad de quinua a desaponificar, ya que la cantidad de saponina y suciedad en este último lavado es muy mínima.

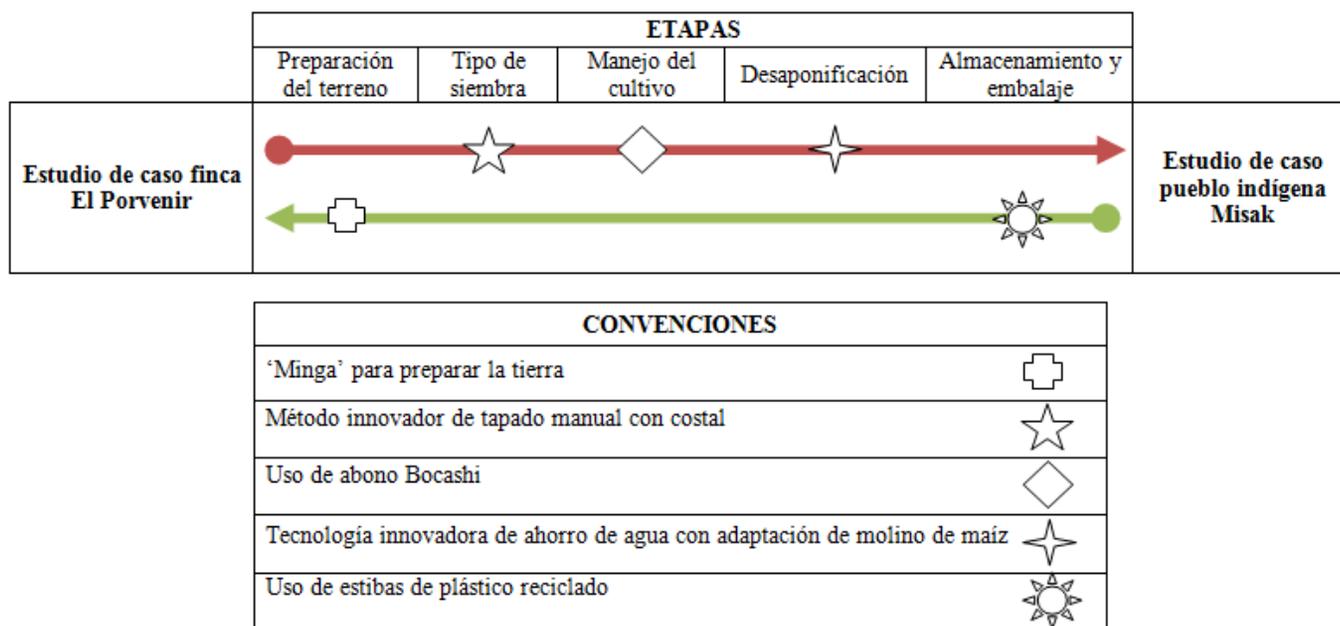
9.3. Resultado objetivo específico 3: Definir la mejor alternativa para el ahorro y uso eficiente del agua en la fase de lavado.

Para el desarrollo de este objetivo se realiza primero una identificación de los métodos y tecnologías que se puedan cruzar entre los dos estudios de caso y después se empieza a describir la recopilación de alternativas encontradas en la literatura para contribuir al uso eficiente y ahorro del agua en la etapa de desaponificación.

9.3.1. Métodos y tecnologías con carácter de réplica entre cultivos

A continuación se hace una priorización únicamente de las etapas cuyos métodos y tecnologías son posibles de aplicar de un cultivo a otro.

Figura 20. Métodos y tecnologías con carácter de réplica entre cultivos



Fuente: Elaboración propia, 2018

Como se pudo observar en la figura 20, el estudio de caso con más métodos y tecnologías con carácter de réplica fue el de la finca El Porvenir (flecha de color rojo), la cual le proporciona al estudio de caso pueblo indígena Misak la posibilidad de incorporar estas técnicas a su proceso de producción para optimizar tiempo, ahorrar costos y realizar un mejor uso del recurso hídrico.

De esta manera, en la etapa de *tipo de siembra* la finca El Porvenir le propone al pueblo indígena Misak realizar el tapado de la semilla con el método manual de tapado con costal que inventó la señora Nelly para ahorrar tiempo y costos; también le plantea que en la etapa de *manejo del cultivo* emplee el tipo de abono bocashi caracterizado por no generar gases tóxicos ni malos olores, además de ser económico, fácil y rápido de preparar; y finalmente en la etapa de *desaponificación*, la finca El Porvenir le expone al pueblo indígena Misak una tecnología innovadora de ahorro de agua que consiste en la adaptación de un molino de maíz a motor, por el cual se pasan los granos antes de ser lavados con el fin de soltar su cáscara, facilitando el trabajo de fricción con las manos y disminuyendo el consumo de agua en su lavado; además es una tecnología económica, pues la señora Nelly asegura que el costo de fabricación está alrededor de \$ 200.000.

Por su parte, el estudio de caso pueblo indígena Misak (flecha color verde), le proporciona al estudio de caso finca El Porvenir un mejor *almacenamiento y embalaje* del producto final por medio del uso de estibas de plástico reciclado para proteger el grano del contacto directo con el piso. Además, en la etapa de *preparación del terreno*, el pueblo indígena Misak le propone a la finca El Porvenir la implementación de 'mingas' al momento de adecuar la tierra para el próximo cultivo, a través del intercambio de favores con los vecinos agricultores de la región y de esta manera las dos partes ahorrarían costos por jornales.

Finalmente, es importante resaltar que la finca El Porvenir tiene implementado un método interesante de secado del grano de quinua de manera natural, poniéndolo sobre una estructura de anejo plástico a

una altura de más o menos 85 cm, para que el agua drene y sea más rápido el secado del grano. Es un método que no se destaca como réplica al pueblo indígena Misak, debido a que ellos realizan el secado del grano de manera mecánica por medio de una secadora; pero si es necesario mencionar su relevancia con fines de réplica en otros cultivos que también empleen esta etapa de manera natural.

9.3.2. Alternativas para el uso eficiente y ahorro del agua en la fase de desaponificación

A continuación se presentan algunas alternativas para el uso eficiente y ahorro del agua en la etapa de desaponificación de la quinua con base en revisiones literarias, algunos son estudios de caso aplicados con éxito, los cuales pueden ser objeto de réplica en los dos estudios de caso, especialmente en el pueblo indígena Misak que es el que tiene un consumo de agua mayor, siempre y cuando se tengan en cuenta aspectos ecológicos, socioculturales y económicos.

Se hace la aclaración de que se partió del concepto de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, que consiste en primero trabajar en la prevención, minimización y luego el tratamiento; para lo cual se analizaron todas las posibilidades en seco, aplicando la Producción Más Limpia con carácter preventivo, para evitar el uso el consumo de agua.

1. Microbeneficiadora de quinua

Alrededor del año 2008 se desarrolló en Bolivia un equipo casero de procesamiento de quinua a pequeña escala basado en el método de desaponificación por vía seca, con el fin de mejorar el uso de los recursos naturales involucrados en el proceso y facilitarle el trabajo a los pequeños agricultores, principalmente a las mujeres que son las encargadas del desaponificado, para lo cual siguen empleando el proceso artesanal combinado, que consiste en tostar los granos en tazones de metal hasta que adquieran una coloración dorada y luego cuando la quinua tostada aun está caliente se le agrega arcilla blanca y se pisa sobre una piedra por un tiempo de 30 a 60 min, removiendo un porcentaje importante de saponina. Luego, para terminar de eliminar las saponinas e impurezas, se realiza un venteo y el después el grano se somete a un proceso de lavado de varias etapas hasta que el efluente quede libre de espuma.

Figura 21. Proceso tradicional artesanal de desaponificación en el Altiplano Boliviano





* De izquierda a derecha se evidencia la etapa de tostado, pisado, venteado, lavado y secado.

Fuente: (Giuliani, 2012)

El equipo fue diseñado para remover la saponina presente en el grano de quinua con una capacidad de procesamiento de 12 Kg en 7 min, lo que significa una reducción de tiempo en comparación con el requerido en el proceso tradicional combinado que las mujeres llevan a cabo y para lo cual tardan 6 horas con una cantidad similar de quinua. Así mismo, se realizó una serie de demostraciones con cinco familias productoras de quinua a pequeña escala del Altiplano Sur de Bolivia, donde se logro una buena aceptación del equipo por parte de las mujeres.

Adicionalmente, es importante recalcar que la microbeneficiadora muestra mayor eficiencia con un tamaño de grano de mediano a grande, tamaño característico de la variedad de quinua *Pandela* utilizada en las demostraciones y la cual es de color rosado como se puede observar en la figura 22. Esta variedad es representativa del Altiplano de Bolivia, la cual ha demostrado una adaptación a condiciones climáticas extremas y es resistente a plagas y enfermedades. Por otro lado, la mayor parte de la quinua producida por las familias se vende, dejando en promedio de 2 a 3 quintales (1 quintal: 46 Kg) para el autoconsumo. Dicho esto, las mujeres suelen escoger la variedad por el uso culinario que se le pueda dar; por ejemplo, con la *Pandela* se pueden cocinar diferentes tipos de sopas.

Características técnicas de la microbeneficiadora

Este equipo fue construido por la Empresa Rowland¹², el cual puede procesar 45 Kg/h y está diseñada para que las personas que la utilicen le den un uso constante; por esta razón la empresa propone que la microbeneficiadora a pequeña escala sea empleada como una máquina comunitaria (simbiosis industrial), lo cual facilitaría su compra y los costos que pueda requerir el equipo después de un tiempo.

De esta manera, el equipo tiene un peso de 30 Kg y un tamaño de 70 cm de largo por 30 cm de ancho y 80 cm de alto, que funciona con un motor eléctrico o a gasolina para aquellas zonas donde no se cuenta con energía eléctrica, el motor a gasolina más pequeño en el mercado es de 5,5 hp; sin embargo, solo se usa 0,5 hp para operar, lo que significa un consumo de gasolina bajo correspondiente a 0,25 l/h. El equipo también se compone de una tolva de alimentación que tiene una inclinación de 30° con capacidad de una arroba, para posteriormente pasar al escarificador cilíndrico de 15 cm de ancho por 60 cm de largo, el cual contiene una compuerta de entrada y dos de salida, una por donde sale el grano desaponificado y otra por donde sale la saponina en polvo, cuyas medidas son de 2 cm por 6 cm.

¹² La empresa Rowland está ubicada en la Paz, Bolivia y es especializada en la construcción de equipos electrónicos.

Figura 22. Características técnicas de la microbeneficiadora a pequeña escala



Fuente: (Giuliani, 2012)

El principio de funcionamiento de este equipo es la abrasión de los granos secos, es decir, los granos se frotan entre ellos (al igual que en el proceso tradicional combinado, donde las mujeres pisan los granos) y contra las paredes del cilindro a medida que son transportados por un tornillo sin fin que gira constantemente moviéndolos por el cilindro hecho de malla de acero inoxidable, por donde sale también el polvo de saponina gracias a las paletas o aspas del tornillo sin fin que generan una corriente de aire, ayudando al proceso de expulsión de la saponina.

El equipo también permite la adición de arcilla blanca para mejorar la fricción entre ellos y darle al grano el sabor que los consumidores esperan. Adicionalmente, la velocidad de alimentación puede ser controlada mecánicamente con una compuerta de acceso y una transmisión de fuerza por polea mediante el motor.

Figura 23. Producto final en la microbeneficiadora



Fuente: (Giuliani, 2012)

El costo de la maquina varía dependiendo del tipo de motor que se instale; por ejemplo, si se emplea un motor chino, el costo de la maquina estaría alrededor de \$1.543.900, pero en cambio si se utiliza un motor japonés, el costo sería de \$2.205.600 aproximadamente. Por otro lado, anteriormente se menciono que se podía usar un motor eléctrico o a gasolina dependiendo de las condiciones económicas de cada finca; sin embargo, en caso de que se use un motor a gasolina, su consumo no va a ser significativo, debido a que la maquina está diseñada para que opere con un motor de baja potencia.

2. Escarificadora artesanal de quinua

Esta alternativa consiste en el desarrollo de una maquina escarificadora de quinua adaptada a pequeños agricultores, la cual brinda un producto final limpio de la amargura de la saponina y apto para consumo humano. Esta máquina funciona mediante fuerza centrifuga y consta de tres componentes únicamente: la tolva de alimentación; un motor de 1 hp de fuerza, que puede ser el mismo que se emplea en las podadoras de pasto; y aspas que giran por un tiempo aproximado de 15 a 30 segundos, cumpliendo la función de raspar la semilla de quinua y sacar todo el contenido de saponina existente en la parte externa de la misma. El proceso paso a paso se describe a continuación.

Figura 24. Proceso de limpieza de quinua con escarificadora artesanal



1. Preparar la tolva de alimentación para realizar el proceso de escarificado de la quinua.

2. Verificar que las aspás se encuentren en buen estado para su posterior frotación de la semilla.



3. Dependiendo del tamaño de la tolva, se selecciona la cantidad de granos de quinua sin limpiar, que como se observa en la figura, poseen un color amarillo debido a la cascara y otras impurezas.



4. Posteriormente se alimenta la tolva con la quinua previamente seleccionada y se tapa con una estopa en la parte superior para que no salga el polvillo de saponina por ahí.



5. La tolva de alimentación contiene unos pequeños orificios en la parte inferior por donde sale la saponina en polvo, como se puede observar en las imágenes.

6. En la base que sostiene la escarificadora queda todo el residuo de la saponina en polvo para su posterior aprovechamiento en subproductos.



7. Grano de quinua después del proceso de escarificado con un color blanco libre de saponina e impurezas.



8. Quinua lista para ser empacada y comercializada.

Fuente: (UISA, 2017)

La máquina de escarificado anteriormente descrita presenta dos desventajas de fabricación, que si bien no son relevantes para la limpieza y desaponificado de la quinua, pueden presentar pérdidas si se quiere aprovechar el residuo de la saponina. Estas hacen referencia al tapado de la máquina con la estopa en la parte superior y a los orificios que contiene en la parte inferior por donde sale la saponina en polvo. El inconveniente que presentan estas desventajas es que se pierde gran cantidad de polvo de saponina al no tener un contenedor que la albergue completamente al momento de salir por los orificios; además al caer al piso se mezcla con la suciedad, generando complicaciones al momento de recogerla para su posterior aprovechamiento en la fabricación de subproductos como jabones y demás.

Para el inconveniente de los orificios en la parte inferior, se recomienda que se adopte una especie de platón rotativo que cubra toda la base de la tolva (incluidos los orificios), con el fin de que reúna todo el polvo y el agricultor no tenga necesidad de recogerlo del suelo y lo pueda aprovechar mejor.

Por otro lado, un grupo de estudiantes de la cátedra de Mecanización Agrícola de la Universidad

Nacional de Río Negro en Argentina, al conocer el diseño de esta máquina artesanal e identificar su eficacia de limpieza y desaponificado del grano de quinua, quisieron complementarla con un prototipo, el cual tiene el mismo funcionamiento que la anteriormente descrita, solo que le agregan una tapa del mismo material de la tolva para que sea más fácil el empleo de la escarificadora por el agricultor y además pueda aprovechar la saponina en polvo en su totalidad. Así mismo, el prototipo asegura una capacidad de 100 Kg/h.

Figura 25. Prototipo de escarificadora mejorada



Fuente: (UISA, 2017)

En cuanto a costos, se estima que la tolva cueste alrededor de \$100.000, el motor de 1 hp de fuerza aproximadamente unos \$300.000 y las aspas (adaptadas de una cortadora de pasto) pueden costar alrededor de \$100.000, lo cual totaliza un valor de \$ 500.000 para la fabricación de una escarificadora artesanal. Además, para disminuir costos, la escarificadora se puede fabricar empleando chatarra.

3. Prototipo de maquina electroestática para la limpieza y desaponificación de quinua

Hacia el año 2006, el estudiante Santiago Avendaño de Diseño Industrial de la Universidad El Bosque, propuso en su trabajo de grado un prototipo de una maquina de limpieza de quinua, cuyo funcionamiento está basado en los principios de la electroestática. Para entender la problemática del proceso de limpieza de la quinua se realizaron dos salidas de campo a la finca “Chamomille” en el municipio de Subachoque, en donde se pudo evidenciar que la limpieza se hace por medio de tamizado manual con un colador de cocina y con una eficiencia del 55%, obligando a repetir el proceso para lograr una limpieza esperada. En cuanto a la desaponificación, se emplea una maquina desaponificadora por medio líquido que genera un excesivo consumo de agua de 10 litros por Kg de quinua.

Figura 26. Método de limpieza y desaponificación tradicional en Subachoque



Fuente: (Rey & Morales, 2015).

Los métodos manuales además de consumir demasiado tiempo y ser tediosos para el agricultor, también implican muchas veces un bajo rendimiento si no se emplean métodos y tecnologías adecuadas. Se habla de un rendimiento de hasta 3,1 Kg por 8 horas para lo cual la máquina de limpieza con electrostática propone un incremento en la producción de 31 Kg por hora, procesando 82 veces más rápido los granos de quinua comparado con el proceso actual de la finca, dejándolos libres de cáscara y saponina.

Esta máquina va dirigida a pequeños y medianos productores, principalmente campesinos que viven en zonas rurales y que en su mayoría dependen de la agricultura para subsistir. Adicionalmente la maquina cumple con la normativa que indica materiales como acero inoxidable para el manejo de alimentos. Con este y otros beneficios como una producción de 82 veces la producción normal, remoción y recolección de saponinas, además de la sustitución del recurso hídrico por estática, este proyecto asegura la disminución de precios de mano de obra, incrementar utilidades de la venta de quinua y la limpieza y desaponificado total del grano.

Funcionamiento

Esta máquina funciona gracias a la electrostática que logra la remoción de la cascara y a la vibración para remover la saponina. De esta manera, la maquina hace parte de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza, entendida como la fuerza electromagnética, ya que tiene en cuenta la interacción que hay entre cuerpos que poseen cargas eléctricas. Del mismo modo, cuando las cargas de dos o más cuerpos están en reposo, las cargas que interactúan pasan a denominarse una “fuerza electrostática” y dependiendo del tipo de cargas (positiva o negativa) la fuerza puede ser atractiva o repulsiva. La interacción entre estos tipos de carga da lugar al fenómeno magnético.

Por otro lado, a parte de las salidas de campo se realizaron experimentos en el laboratorio de física de la Universidad El Bosque, con el fin de demostrar cómo actúa la electrostática sobre la cáscara para el posterior diseño de la máquina limpiadora de quinua. Para ello, se utilizó un generador electrostático

Van de Graaff, el cual depende del correcto funcionamiento de los principios básicos descritos anteriormente, logrando cargar la quinua de forma positiva y exponiéndola a una carga negativa (cuerpo humano), logrando la atracción magnética y así la separación.

Figura 27. Generador de Van de Graaff



Fuente: (Rey & Morales, 2015).

A continuación se muestran los experimentos realizados a partir del generador electrostático Van de Graaff:

Figura 28. Experimentos con generador electrostático Van de Graaff



Fuente: (Rey & Morales, 2015).

Como se puede observar en la figura. , en la imagen izquierda se puede observar que la quinua es expuesta a la estática del generador y se aprecia su magnetismo al pasar la mano como carga negativa.

Así mismo, en la imagen derecha se aprecia como se desprende la saponina al verter la quinua y la dirección que esta toma.

Figura 29. Diseño final de maquina electroestática



Fuente: (Rey & Morales, 2015).

Se pudo comprobar que el sistema empleado en el diseño de la maquina permite retirar la cascara y la saponina de forma eficiente, dejando el grano libre de impurezas y listo para comercializar. Utilizando el principio de la estática y gracias a la diferencia de densidades entre la cascara y el grano se logra la remoción de cascara ya que, como se explico anteriormente, el proceso utilizado hace que tanto la cascara como el grano sean cargados positivamente (carga magnética) y al ser expuestos a una carga negativa, sean atraídos por ésta. El único inconveniente que se presenta es que dada la diferencia de densidades, solo la cascara es atraída, pero ya que al estar en contacto con la carga negativa, la cascara nuevamente vuelve a ser neutra y cae, por lo tanto se utiliza succión en este punto.

El ingreso de la quinua a la maquina se puede realizar después de la etapa de trillado y la tolva de la maquina contiene una capacidad de 200 kilos de quinua. Además, se estima que el tamaño de la maquina es de unos 2 metros de alto y 1 metro de ancho aproximadamente. En cuanto al precio de adquisición y mantenimiento de la maquina, son datos que no están especificados dentro de la investigación, puesto que el diseño hace parte de un prototipo a fabricar en un futuro para poder suplir las necesidades en las que se basa el proyecto.

9.3.3. Evaluación de alternativas para el uso eficiente y ahorro del agua

Para la evaluación de las alternativas anteriormente descritas, se elaboró una matriz de análisis de alternativas bajo el marco de las tres dimensiones de la Ingeniería Ambiental, la ecológica, la sociocultural y la económica. Esto con el fin de definir la alternativa que más se ajuste a los estudios de caso del presente trabajo de investigación. La calificación de la matriz está representada con una equis, en donde una calificación con las tres equis (xxx) significa que es la alternativa más viable en todas las dimensiones.

Tabla 10. Matriz de análisis de alternativas

Alternativas para el uso eficiente y ahorro del agua	Ecológico		Sociocultural				Económico		Total
	Consumo de agua	Residuos	Manejo	Jornada laboral	Tamaño	Rendimiento	Costo adquisición	Costo mantenimiento	
Microbeneficiadora de quinua	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xx	xxx	22
Escarificadora artesanal de quinua	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	24
Prototipo de maquina electrostática para la limpieza y desaponificación de quinua	xxx	xxx	xx	xxx	x	xx	*NA	*NA	14

*NA: no aplica

Fuente: Elaboración propia, 2018

Para tener un mejor entendimiento de la matriz de alternativas, a continuación se presenta una tabla de los significados de cada aspecto por alternativa. Como se menciona anteriormente, una calificación de “xxx” quiere decir que es el aspecto más óptimo dentro de esa alternativa. Por ejemplo, en la dimensión económica, el *costo de mantenimiento* tiene una calificación de “xxx” para las dos primeras alternativas, lo cual no quiere decir que tenga un alto costo, por el contrario, la inversión en el mantenimiento es muy bajo. Ahora, si tiene una calificación de “x” como por ejemplo en el *tamaño* de la última alternativa, es porque corresponde a una maquina de gran tamaño; y así para los demás aspectos.

Tabla 11. Significado de la matriz de alternativas

Calificación	Significado							
	Ecológico		Sociocultural				Económico	
xxx	Sin consumo de agua	Residuos aprovechables	Fácil de manejar	Corta jornada laboral	Tamaño pequeño	Rendimiento alto	Bajo costo adquisición	Bajo costo mantenimiento
xx	Moderado consumo de agua	Residuos moderados	Medianamente fácil	Medianamente corta	Tamaño mediano	Rendimiento moderado	Moderado costo adquisición	Moderado costo mantenimiento
x	Alto consumo de agua	Alta cantidad de residuos	Complicado de manejar	Larga jornada laboral	Tamaño grande	Rendimiento bajo	Alto costo adquisición	Alto costo mantenimiento

Fuente. Elaboración propia, 2018

Por último, la siguiente tabla muestra la calificación por rangos de cada alternativa, siendo el puntaje de 24 la máxima calificación que puede obtener una alternativa para que sea óptima e inmediata de aplicar a los estudios de caso, especialmente en el pueblo indígena Misak, el cual registro un consumo de agua mayor que la finca El Porvenir. La calificación que esté por debajo de 15 corresponde a las alternativas a aplicar a largo plazo.

Tabla 12. Rangos de calificación de la matriz de alternativas

Rangos de calificación	
Calificación	Magnitud
23-24	Óptimo
16-22	Medianamente óptimo
<15	Menos óptimo

Fuente: Elaboración propia, 2018

Con base en la matriz de alternativas y su respectiva calificación, se determinó que la alternativa más viable de adaptar a los estudios de caso es la *escarificadora artesanal de quinua*, la cual obtuvo una calificación de 24, ubicándose dentro del rango de las alternativas más óptimas. A continuación se realiza un análisis explicativo por cada alternativa.

1. Microbeneficiadora de quinua

Debido a su calificación de 22, el rango la ubica dentro de las alternativas medianamente óptimas, debido principalmente al costo de adquisición, el cual es casi el doble de la *escarificadora artesanal de quinua*, y también debido a que el rendimiento de la *microbeneficiadora* por hora no es tan eficaz. Sin embargo, los costos se pueden disminuir si se le da un uso ‘comunal’ a la maquina, en donde los agricultores vecinos interesados estén dispuestos a colaborar en la adquisición de la misma, teniendo en cuenta que son costos que serán retribuidos después como ganancia debido a los otros múltiples beneficios que contiene la maquina. Así mismo, el tema del rendimiento puede ser mejorado por medio del uso de un motor con más potencia.

Por otra parte, la *microbeneficiadora* también ofrece ventajas muy significativas; en primer lugar, el consumo de agua es nulo gracias a que corresponde a una maquina que realiza el proceso de desaponificado en seco. Además, los residuos que quedan son aprovechables, los cuales hacen referencia a la saponina en polvo, donde se le puede dar un uso posterior en la fabricación de detergentes líquidos, jabones, champús, pasta de dientes, quitamanchas, estabilizador de espumas para bebidas, especialmente de cerveza y como insecticida; todo esto debido a sus características químicas.

Del mismo modo, el manejo de la maquina es muy fácil, ya que todo el proceso es realizado de manera mecánica a través del motor y la única tarea que tiene que realizar el agricultor es alimentar la tolva con la quinua deseada y esperar alrededor de 7 minutos para recoger, por un lado, el grano limpio y libre de saponina, y por otro lado, recoger la saponina en polvo. Además, el tiempo de desaponificado es relevante comparado con el tiempo registrado en los dos estudios de caso, el cual puede ser aprovechado para realizar otras actividades. Por otro lado, el tamaño pequeño de la maquina hace que sea fácil de transportar y de manipular.

2. Escarificadora artesanal de quinua

Como se menciono anteriormente, la calificación de 24 indica que es la alternativa más óptima y viable de recomendar en los dos estudios de caso, debido a que se adapta satisfactoriamente dentro de la dimensión ecológica, sociocultural y económica de cada cultivo. Lo que más se destaca de esta

alternativa es que además de realizar la desaponificación en seco, es una maquina fácil de fabricar y económicamente accesible al perfil de los agricultores involucrados en el presente trabajo, con un costo de aproximadamente \$500.000. Además, es una alternativa donde se comprueba que la tolva de alimentación funciona perfectamente con material chatarra y sus demás componentes pueden ser adaptaciones de otras herramientas de trabajo; como por ejemplo, el motor y las aspas pueden ser tomados de las maquinas de cortar pasto.

Finalmente, el tiempo de desaponificación dura tan solo segundos independientemente de la cantidad de quinua que se le agregue a la tolva, siendo este el componente de la escarificadora que puede ser fabricado de acuerdo a las medidas que lo requiera el agricultor, dependiendo también del uso final que se le vaya dar al producto.

3. Prototipo de maquina electroestática para la limpieza y desaponificación de quinua

Esta fue la alternativa con la menor calificación correspondiente a 14, lo cual significa que es la menos óptima de aplicar en los estudios de caso. Esto se da partiendo de que es un prototipo y todavía no se ha convertido en un diseño de tiempo real; sin embargo, se recomienda su construcción en un futuro debido a que corresponde a una maquina que además de quitar por completo el consumo de agua, aumenta el rendimiento del proceso y le disminuye al agricultor el tiempo de limpieza y desaponificación del grano. Igualmente, la saponina es recuperada en forma de polvo para su posterior aplicación en otros tipos de industria.

En cuanto a los costos, como se pudo apreciar en la matriz de alternativas, se denominó el campo como “NA” (no aplica), ya que dentro del proyecto de grado donde se propone el diseño no se encontró datos asociados a la adquisición o mantenimiento de la maquina en un futuro.

10. Conclusiones

Las condiciones climáticas de los dos estudios de caso resultaron favorables para el crecimiento y buen desarrollo de la planta, ya que en general los dos cuentan con climas húmedos y temperaturas que van desde los 12° a los 16°C, además de presentar suelos francos lo cual significa que tienen un equilibrio entre la permeabilidad al agua y la retención de nutrientes; sin embargo, la textura del suelo del estudio de caso del pueblo indígena Misak es franco arenoso, dificultando un poco más la retención de agua y de nutrientes.

Se identificó que tanto en la finca El Porvenir como en el pueblo indígena Misak, se opta por cultivar variedades de quinua dulces debido a que se adapta más fácil y rápido a las condiciones ambientales de cada territorio; por su sabor dulce, haciéndola más apetecida en el mercado; y por su color blanco y tamaño grande, lo cual facilita su limpieza y selección. Además estas variedades dulces requieren menos mano de obra en la desaponificación.

El estudio de caso del pueblo indígena Misak desarrolla la mayoría de las etapas del proceso productivo de cosecha y poscosecha de manera mecánica, debido a que su producción es mucho más alta que la del otro estudio de caso, facilitándole de esta manera la adquisición de máquinas; contrario al manejo que le da el estudio de caso de la finca El Porvenir a cada etapa, en donde todas las actividades se realizan de manera manual o natural, a excepción del trillado del grano.

Como se menciono anteriormente, el pueblo indígena Misak ha industrializado la mayoría de las actividades realizadas en el proceso productivo de la quinua, en donde se esperaba que el manejo de las etapas fueran más manuales o naturales que en la finca El Porvenir. Esto debido a que los Misak cuentan con beneficios por parte del Estado, a través de proyectos donde les proveen maquinas para facilitar su trabajo.

En cuanto a los métodos y tecnologías con carácter de réplica entre cultivos, resaltaron más los empleados en el estudio de caso de la finca El Porvenir, entre los cuales se encuentra el método manual de tapado con costal que inventó la señora Nelly, el uso de abono tipo bocashi y el empleo de una tecnología de uso eficiente y ahorro del agua basada en la adaptación de un molino de maíz a motor. En el estudio de caso del pueblo indígena Misak resaltó el uso de estibas de plástico para proteger el grano del contacto directo con el piso como práctica que puede ser adoptada por la señora Nelly, además de la implementación de las 'mingas' para ahorrar costos.

La falta de métodos y tecnologías que faciliten el trabajo del campo y contribuyan a un mejor uso de los recursos es producto de la falta de interés por parte de Entidades Nacionales como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Instituto Colombiano Agropecuario-ICA, CORPOICA, entre otros; los cuales tienen el deber de capacitar al agricultor en Buenas Prácticas Agrícolas que les permita aumentar su producción, disminuir costos, reducir tiempo de trabajo y, por supuesto, que les permita hacer un uso más eficiente de los recursos naturales involucrados en el proceso.

Dada la creciente demanda internacional que tiene la quinua debido a sus bondades nutricionales, se deben incluir a todos los pequeños y medianos productores a la cadena productiva de la quinua, con el fin no solo de contribuir al desarrollo socioeconómico del país, sino también con fines de incentivar y mejorar la calidad de vida del campesino productor que depende de la agricultura para subsistir.

Se identifico que en la etapa de desaponificación los dos estudios de caso emplean el método tradicional por vía húmeda, cuyo proceso demanda una cantidad de agua equivalente entre 5 a 14 litros por Kg de quinua. Así mismo, se determinó el consumo de agua para el lavado de 1 quinua, el cual fue de 7,2 l/Kg de quinua para el pueblo indígena Misak y del 3,8 l/Kg para la finca El Porvenir.

Se definió que la mejor alternativa para el uso eficiente y ahorro del agua es la *escarificadora artesanal de quinua*, debido a que realiza la desaponificación en seco, anulando todo consumo de agua; además de generar otros beneficios para el agricultor como la reducción de tiempo de trabajo, el aumento de rendimiento y le proporciona la posibilidad de aprovechar el polvo de saponina, vendiéndolo al mercado para la fabricación de subproductos como jabones detergentes. Así mismo, es una maquina fácil de manejar y económicamente accesible al pequeño productor.

Es importante resaltar la importancia de este tipo de investigaciones en el país, ya que la producción de quinua ha venido aumentando en el mercado nacional e internacional durante los últimos años, con áreas sembradas de 2.500 ha y con una producción de 4,781 ton/año. Además, estos cultivos están sustentados en pequeños productores que subsisten a través de la agricultura y por ello resulta importante realizar investigaciones que le facilite la vida en el campo al agricultor.

11. Recomendaciones

Se le recomienda a los dos estudios de caso, tanto a la señora Nelly Correa como al señor Juan Carlos Muelas, que en la etapa de almacenamiento y embalaje se utilicen silos metálicos familiares para

almacenar el grano, en vez de lonas o sacos de polipropileno, ya que estos atraen la presencia de roedores y polillas y facilitan la conservación de humedad dando olores desapropiados al producto. Así mismo, se le recomienda a la señora Nelly replicar el uso de estibas de plástico reciclado del estudio de caso del pueblo indígena Misak, con el propósito de evitar el deterioro del producto por contacto directo con el piso.

Dado el número de métodos y tecnologías eficientes que emplea la señora Nelly en la finca El Porvenir con respecto a los utilizados por el estudio de caso del pueblo indígena Misak, se le recomienda al señor Juan Carlos replicar estos métodos con el fin de optimizar mano de obra, tiempo de trabajo y mejorar el uso del recurso hídrico.

También se le recomienda a los dos cultivos que en caso de implementar la *microbeneficiadora de quinua* se haga de manera comunitaria; es decir, incentivar a los productores de quinua de la región a colaborar económicamente en la adquisición de la máquina, haciéndoles saber que los beneficios se verán reflejados más adelante al no tener que pagar por el alquiler de máquinas industriales para realizar el desaponificado. Además, a la *microbeneficiadora* se le pueden adaptar unas ruedas de manera que sea fácil su traslado entre fincas o simplemente se puede dejar en un lugar central a la disposición de los usuarios. También se ve reflejado en el aumento de la productividad de la región, al fortalecerse las relaciones comunitarias entre agricultores.

De manera general, se recomienda la implementación de un invernadero para cultivar la quinua, con el fin de aumentar la producción al año empleando una variedad de quinua semi precoz, sin tener que depender de las épocas de invierno para sembrar. Además, el control de plagas es más fácil dentro de un invernadero y al mismo tiempo, se puede adaptar un sistema de recolección de aguas lluvias, el cual se puede utilizar tanto para el riego como para el lavado del grano. De esta manera se tendría disponibilidad de quinua todo el tiempo, aumentando la oferta y con ella el costo del producto, principalmente en épocas de fuertes lluvias, donde se hace más difícil su obtención.

En caso de que se siga empleando el método tradicional por vía húmeda para la desaponificación de la quinua, se recomienda realizar un sistema de captación de agua lluvia en techos, con el fin de disminuir el consumo de agua superficial. Para ello, es necesario tener en cuenta el área del techo; el tipo de canaletas a implementar; los bajantes y el tamaño de los tanques; tanto del interceptor como del tanque de almacenamiento. Además, es importante conocer datos de precipitaciones anuales y sus variaciones estacionales. El costo de esta implementación estaría alrededor de \$900.000.

Se le recomienda a los dos cultivos que en caso de adaptar a su finca la alternativa más óptima denominada *escarificadora artesanal de quinua*, se empleen materiales para la tolva como acero inoxidable 304 y para las aspas, el material puede ser en goma, siempre y cuando no haya excesivo desgaste.

Se recomienda también hacer experimentos imitando el funcionamiento de las máquinas vibradoras con perlas de lavado para determinar si se podría adaptar una máquina artesanal utilizando algún material abrasivo que remueva la saponina del grano.

Es importante que las instituciones educativas le brinden al estudiante apoyo económico en la realización de este tipo de investigaciones, principalmente cuando la ubicación de los estudios de caso se encuentran a largas distancias; como sucedió en la presente investigación, cuyo propósito necesitó

del desplazamiento de la ciudad de Bogotá al municipio de Silvia en el departamento del Cauca, así como las visitas realizadas al departamento de Boyacá.

Por último, se recomienda la realización de proyectos integrados en futuras investigaciones, con el apoyo de áreas de investigación como la Bioingeniería o Diseño Industrial, en donde sea posible la construcción de proyectos con impactos positivos en el ámbito ecológico, socio-cultural y económico a comunidades más vulnerables.

12. Referencias Bibliográficas

Alcaldía de Bogotá. (18 de Diciembre de 1974). *Decreto Ley 2811 de 1974*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>

Alcaldía de Bogotá. (26 de Junio de 1984). *Decreto 1594 de 1984*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>

Alcaldía de Bogotá. (22 de Diciembre de 1993). *Ley 99 de 1993*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>

Alcaldía Municipal de Tibasosa. (2013). *Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud*. Obtenido de https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/ASIS_2013/ASIS%20TIBASOSA%202013.pdf

Alcaldía de Bogotá. (26 de Mayo de 2015). *Decreto 1076 de 2015*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62511>

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

Argote Vega, Francisco E; Betancourt Mosquera, Alejandra; Villada Castillo, Dora Clemencia & Upegui Gómez, Olaf Hernando. (2010). Conservación y transformación de granos ancestrales en el resguardo indígena de Guambía Silvia-Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(2), 17-24. Retrieved March 01, 2018, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S169235612010000200003&lng=en&tlng=es

Botanical Online. (s.f.). *Características de la Quinua*. Obtenido de <https://www.botanical-online.com/quinoa.htm>

Candia Danz, L., Olaguivel Quisocala, A. (2016). *Diseño y evaluación de una escarificadora para la extracción de saponina de la Quinua-Región Puno-Perú*.

Casafe. (2013). *Buenas Prácticas Agrícolas*. Obtenido de Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes: <http://www.casafe.org/buenas-practicas-agricolas/>

Cerón, L. (2000). *Cultivo de quinua* [Boletín 01]. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño / Ministerio de agricultura / Pronatta.

CRC. (Febrero de 2010). *Términos de referencia para la elaboración de los Programas de Uso Eficiente y Ahorro del Agua en el sector agrícola*. Obtenido de Corporación Autónoma Regional del Cauca: http://crc.gov.co/files/GestionAmbiental/RHidrico/termref_PUEA_agricola.pdf

Corzo Barragán, D. C. (2011). Análisis y selección de diferentes métodos para eliminar las saponinas en dos variedades de *Chenopodium quinoa* Willd.

Dimitri, M. 1987. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo I. Descripción de plantas cultivadas. Editorial ACME S.A.C.I., Buenos Aires.

FAO. (2004). *Depositos de documentos de la FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/007/y2638s/y2638s00.htm#Contents>

FAO & CIRAD. (2014). *Estado del arte de la quinua en el mundo*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura : <http://www.fao.org/3/a-i4042s.pdf>

FAO. (2014). *Consideraciones sobre el manejo agronómico del cultivo de la quinua en el Departamento de Nariño: Recopilación de experiencias con pequeños productores* . Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura : <http://www.fao.org/3/a-i4956s.pdf>

FAO. (2016). *Guía de cultivo de la Quinua*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura : <http://www.fao.org/3/a-i5374s.pdf>

FAO. (s.f.). *Quinua*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/quinoa/es/>

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Miranda, R., Cusicanqui, J. A., Taboada, C., . . . Steduto, P. (2009). Simulating yield response of quinoa to water availability with AquaCrop. *Agronomy Journal*, 101(3), 499-508. Retrieved from <http://ezproxy.unbosque.edu.co:2048/login?url=https://search-proquest-com.ezproxy.unbosque.edu.co/docview/336831286?accountid=41311>

Giuliani, A., F. Hintermann, W. Rojas and S. Padulosi, editors. 2012. Biodiversity of Andean grains: balancing market potential and sustainable livelihoods. Bioersivity International, Rome, Italy

Guzmán, S. J. (2009). *Reducción del grado de contaminación en los efluentes de la planta beneficiadora de quinua SONAPTO S.R.L.* Oruro.

ICA. (2017). *Leyes emanadas del Congreso de la República de Colombia relacionadas con el sector agropecuario*. Obtenido de Instituto Colombiano Agropecuario : <https://www.ica.gov.co/Normatividad/Normas-nacionales/Leyes.aspx>

ICONTEC - Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Bogotá. (2011). *Guía para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas*.

López, S. (2009). *Reducción del grado de contaminación en los efluentes de la planta beneficiadora de quinua SONAPTO S.R.L.* Bolivia.

Meyhuay, M. (s.f). *QUINUA: Operaciones de Poscosecha*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/docrep/018/ar364s/ar364s.pdf>

Ministerio de Agricultura. (Junio de 1997). *Varietades de quinua*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigación Agraria.

Ministerio de Ambiente. (6 de Junio de 1997). *Ley 373 de 1997*. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Páginas: 71. Bogotá D.C.

Ministerio de Cultura. (13 de Agosto de 2010). *Caracterizaciones de los Pueblos Indígenas en Riesgo*. Obtenido de Cartografía de la Diversidad - Dirección de Poblaciones: <http://www.mincultura.gov.co/areas/poblaciones/pueblosindigenas/Documents/Compilado%20de%20Caracterizaciones%20Pueblos%20en%20Riesgo.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (13 de Agosto de 2014). *Resolución 1207 de 2014*. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_1207_2014.pdf

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2015). *Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para Quinua*. Quito, Ecuador: Editorial Universitaria de Guayaquil. Obtenido de Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y pesca .

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (17 de Marzo de 2015). *Resolución 631 de 2015* . Obtenido de https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MADS_0631_2015.pdf

MinAgricultura. (2016). *La quinua en Colombia es uno de los cultivos con gran potencial de crecimiento* . Obtenido de <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/La-quinua-en-Colombia-es-uno-de-los-cultivos-con-gran-potencial-de-crecimiento.aspx>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural. (23 de Abril de 2018). *Normatividad* . Obtenido de <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Paginas/Leyes.aspx>

Muñoz Certuche, E., Basto Trochez, N., & González Escobar, L. (2013). *Determinación de los indicadores de ecoeficiencia para el uso de los recursos, en la planta de producción de la industria caucana de alimentos a base de Quinua - Funprodesic*. Ingenium, 7(17), 59-67.

Portal Siembra. (Septiembre de 2016). *Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano - PECTIA*. Obtenido de Portal Siembra: <file:///C:/Users/Angela%20Pacheco/Downloads/Cadena%20de%20alimentos%20balanceados%20quinua%20.pdf>

RAE. (s.f.). *Labrar*. Obtenido de REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: <http://dle.rae.es/?id=Mk0fHqB>

Red Jurista. (25 de Octubre de 2010). *Decreto 3930 de 2010*. Obtenido de https://www.redjurista.com/Documents/decreto_3930_de_2010_ministerio_de_ambiente,_vivienda_y_desarrollo_territorial.aspx#/

Rey Monroy, I. L., & Morales Silva, L. (2015). *Limpieza de granos quinua*

Sampieri, R. H. (1991). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A. de C.V.

Tapia, M. 2000. *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación*. Segunda Edición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Chile

UISA. (29 de Junio de 2017). *Desarrollo de una máquina escarificadora de quinua adaptada a la agricultura familiar*. Obtenido de Unidad Integrada para la Innovación del Sistema Agroalimentario de la Patagonia Norte : <https://www.youtube.com/watch?v=VZJ8YhO4cbg>

UNAL. (2003). *Producción de Quinua Cultivo Multipropósito*. Bogotá D.C.: Técnica Gráfica San Ltda.