

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

Unidad de Posgrado de Ciencias Empresariales



*Una Institución Adventista*

## **Sistema de gestión de trazabilidad de bajo costo para pequeños productores de quinua orgánica, Puno 2021**

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Administración de Negocios con Mención en Gestión Empresarial

### **Autor:**

Bach. Edgar Mayta Pinto

### **Asesor:**

Mg. José Manuel Prieto

Lima, diciembre de 2021

# DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

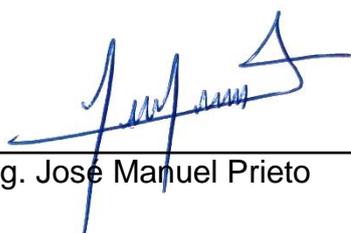
José Manuel Prieto, de la Escuela de Posgrado, Unidad de Posgrado de Ciencias Empresariales, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Sistema de gestión de trazabilidad de bajo costo para pequeños productores de quinua orgánica, Puno 2021”** constituye la memoria que presenta el Bachiller Edgar Mayta Pinto para aspirar al Grado Académico de Maestro(a) en Administración de Negocios con mención en Gestión Empresarial, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 13 días del mes de diciembre del año 2021



---

Mg. José Manuel Prieto

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DE MAESTRIA

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los siete días del mes de diciembre del año 2021, siendo las 15:00 horas se reunieron en la sala virtual zoom (<https://adventistas.zoom.us/j/88349397635>) de la Universidad Peruana Unión, bajo la dirección del Señor presidente del Jurado: Dr. Julio César Rengifo Peña y los demás miembros siguientes:

Secretario:	Dr. Marcos Enrique Flores González
Vocal:	Dr. Rubén Leonard Apaza Apaza
Vocal:	Mg. Sinfiriano Martínez Huisa
Asesor:	Mg. José Manuel Prieto

Con el propósito de llevar a cabo el acto público de la sustentación del artículo de posgrado titulado: “**Sistema de gestión de trazabilidad de bajo costo para pequeños productores de quinua orgánica, Puno, 2021**” del egresado: Edgar Mayta Pinto conducente a obtención del Grado Académico de Maestro en Administración de Negocios con mención en Gestión Empresarial.

El presidente del Jurado dio por iniciado el acto académico, invitando al candidato a hacer uso del tiempo señalado para su exposición. Concluida la misma, el presidente del Jurado invitó a los demás miembros a realizar las preguntas, cuestionamientos y aclaraciones pertinentes que fueron absueltas por el candidato, el acto fue seguido de un receso de quince minutos para las deliberaciones y el dictamen de Jurado. Vencido el tiempo de las deliberaciones, el Jurado procedió a dejar constancia escrita del resultado en la presente acta, con dictamen siguiente:

APROBADO por UNANIMIDAD calificación: APROBADO CON ESCALA VIGESIMAL 18 ESCALA CUALITATIVA CON NOMINACIÓN MUY BUENO, CON MÉRITO SOBRESALIENTE

El presidente del Jurado hizo alusión al maestrando y solicitó al secretario la lectura correspondiente para poner en su conocimiento el resultado, terminado el mismo y sin objeción alguna, el presidente del jurado dio por concluido el acto, en fe de lo cual firman al pie.



---

Presidente

---

Secretario

---

Candidato

---

Vocal

---

Vocal

# Sistema de gestión de trazabilidad de bajo costo para pequeños productores de quinua orgánica, Puno 2021

Edgar Mayta-P<sup>1,2,3, \*</sup>, José M. Prieto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escuela de posgrado, Universidad Peruana Unión, Carretera Central Km 19, Ñaña, Lima, 15, Perú;

<sup>2</sup> Escuela de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Universidad Peruana Unión, Carretera Arequipa Km 6, Chullunquiani, Juliaca, Perú

<sup>3</sup> Naturkost-Peru SAC, Juliaca, Perú

\* **Correspondence:** [edgar.mayta@upeu.edu.pe](mailto:edgar.mayta@upeu.edu.pe)

## Resumen

La pandemia global producida por COVID 19, ha generado la necesidad de conocer con precisión el lugar de origen de los alimentos que consumimos, además de buscar constantemente productos más saludables y alimentos seguros, es en este contexto que la cadena de valor de la quinua orgánica en la región Puno del Perú el mayor productor de este grano andino con 35166 mil toneladas exportadas en 2020, se encuentra en la búsqueda de soluciones tecnológicas que permitan generar confianza en los consumidores a nivel global. El objetivo de esta investigación fue de diseñar un sistema de gestión de trazabilidad digital de bajo costo para pequeños productores de quinua orgánica, que permite identificar con precisión el origen del producto, identificar el espacio o lugar de producción, el almacenamiento, procesamiento y condiciones de comercialización. El sistema de gestión de datos también busca reducir el número de análisis químicos invasivos que garantizan la salud y calidad orgánica de la quinua a través de un manejo eficiente de la información sobre el sistema de producción y los puntos críticos identificados que se evalúan en un análisis de riesgo cuantificable. La base de datos implementada es capaz de generar códigos QR gratuitos para ver la validación de la información del producto en toda la cadena. Se obtuvieron códigos QR con toda la información necesaria del producto, identificando al productor en la etiqueta final del producto, la capacidad de identificación del sistema de trazabilidad es del orden del 99% de los lotes de productores y el 98% de las mezclas identificadas en un mismo contenedor, es decir, el sistema identifica con precisión el origen de la quinua orgánica, ya sea en lotes individuales trazados en contenedores donde el código QR es único, así como la presencia de más de un productor o producto en un envase considerando una mezcla de dos productores las cuales son están etiquetados con dos códigos QR en la etiqueta final. El sistema también es capaz de generar una matriz de riesgos a partir de la información de producción primaria y recolección de quinua orgánica, lo que ha permitido reducir los análisis de plaguicidas en 80% como garantía de calidad orgánica. El desarrollo del sistema es de gran importancia y un valor de referencia para futuras investigaciones en cadenas productivas complejas como la agricultura productos.

*Palabras claves: Quinua orgánica, Quinoa orgánica, Producto Agrícola, Sistema de trazabilidad, Análisis de riesgos*

## 1. Introducción

La pandemia del COVID-19 trajo consigo una crisis social, económica y de salubridad en todos los países del mundo. Las estrictas medidas por el COVID 19 provocaron un impacto negativo en la producción, operaciones y ventas (Shen et al., 2020) además de la inocuidad, seguridad y sostenibilidad alimentaria (Galanakis et al., 2021), detectándose incluso la presencia del coronavirus en varios alimentos entre ellos los productos agrícolas (Zhang et al., 2021). Las empresas de alimentos no pueden garantizar que sus productos se encuentren libres de los virus indeseables para el consumidor (Ayseli et al., 2020) por lo tanto; al comprobarse que el virus se propaga también mediante la cadena de suministros de alimentos, el establecer medidas de rastreo proporcionaría una trazabilidad confiable y autentico de todas las operaciones (Iftekhar & Cui, 2021).

La trazabilidad es una herramienta para la seguridad alimentaria, donde los actores involucrados en la cadena pueden ser capaces de demostrar el origen de la materia prima hasta el destino final de los alimentos (Tudora & Tîrziu, 2019), con el fin de aumentar la confianza del consumidor (Matzembacher et al., 2018) previniendo a la vez en la medida posible la contaminación y adulteraciones de los alimentos (Creydt & Fischer, 2019) y eliminando las prácticas inadecuadas que generan riesgos de seguridad y salud para el consumidor (Creydt & Fischer, 2019), a su vez genera un impacto en la reducción del fraude alimentario, etiquetado incorrecto y eliminación de intermediarios, logrando que el productor sea mayormente beneficiado (Ilinca-Andreea, 2021). La trazabilidad permitiría registrar todos los procesos de siembra, cosecha, almacenamiento y entrega, utilizando aplicaciones que permitan darle seguimiento de la producción y reducir los desperdicios, logrando a su vez con los datos gestionar la información para aumentar la eficiencia económica, reduciendo los niveles de incertidumbre en el desarrollo de una agricultura sostenible (Curto & Gaspar, 2021; Ilinca-Andreea, 2021) esta gestión de datos puede ser basada en base a un análisis de riesgos para la determinación de la calidad orgánica.

El desarrollo de tecnologías de trazabilidad es un desafío y oportunidad para las empresas, investigadores y expertos de seguridad, donde el operador tiene la responsabilidad de desarrollar e implementar un sistema que evidencie el cumplimiento de estándares establecidos en la trazabilidad (Tudora & Tîrziu, 2019), más en productos orgánicos. Ya que estudios muestran que la información de trazabilidad influye directamente en la compra de alimentos orgánicos (Wu et al., 2021) debido a que estas muestran información desde la granja a la mesa (Lin et al., 2021). La comercialización de productos orgánicos ha aumentado considerablemente (Lin et al., 2021) tras el COVID 19 existe la tendencia de consumo de alimentos sostenibles (Galanakis et al., 2021) Así como, el incremento de prácticas de estilo de vida más saludable, específicamente en los hábitos alimentarios, alimentos ricos en compuestos bioactivos que beneficios para el organismo (Pereira et al., 2019) tales el caso de la quinua orgánica.

La quinua (*Chenopodium quinoa willd*) es una planta originaria en los Andes, quien ha logrado ganar importancia en el mundo en los últimos años, esto debido a que las semillas de quinua son

una opción para la dieta, por su alto perfil nutricional y composición de moléculas de alto interés como tocoferoles y ácidos orgánicos (Pereira et al., 2019) últimamente la producción del grano se da en más de 120 países en el mundo, pero el 76% de exportaciones en el mundo es cubierta por las regiones altoandinas, donde Perú es el principal exportador desde el 2013, (Alandia et al., 2020) por lo que el cultivo se ha convertido en una oportunidad para los productores, provocando la expansión del cultivo en varias regiones del Perú. (Bedoya-Perales et al., 2018) La expansión de producción de quinua en otros continentes ponen en riesgo la pérdida de estas oportunidades (Bazile et al., 2021). Por lo tanto, el fortalecer los procesos productivos ancestrales (Andreotti et al., 2020) y la producción orgánica serían una opción para entrar en competencia. Estudios muestran que los consumidores toman comportamientos de decisión de compra de productos como la quinua orgánica debido a factores como la responsabilidad social empresarial que asume las empresas y el bienestar ecológico que trae los procesos orgánicos (Nosi et al., 2020) Asu vez que el cultivo de la quinua orgánica es relativo ya que es el tipo de quinua más demandado en el mercado externo y se cultiva en pequeñas áreas con un volumen limitado por los pequeños productores (Cancino-Espinoza et al., 2018).

Diversas tecnologías se pueden aplicar para implementar un sistema de trazabilidad, como códigos de barras, RFID, etiqueta inteligente, sensores de red, la tecnología blockchain y demás, pero muchas no se han implementado debido a los altos costos, falta de eficiencia y responsabilidad de la tecnología. (Tudora & Tîrziu, 2019) Sin embargo, la computación en la nube, el internet de las cosas, la inteligencia artificial entre otros han despertado gran interés en la industria en diferentes campos como también en la logística y las cadenas de suministro (Lin et al., 2021) debió a que estudios muestran que la aplicación de estas herramientas tecnológicas, pueden facilitar la supervisión de la calidad y trazabilidad de los productos (Iftekhar & Cui, 2021) además que con el uso del internet de las cosas se podrían diagnosticar en tiempo real y con mayor precisión una trazabilidad de producto como medida de prevención y control de epidemias (Zheng et al., 2021) reduciendo así los niveles de riesgo a la cual está sometido un producto hasta llegar a su destino final (Cruz et al., 2018)

Toda la información de trazabilidad se puede presentar a través de un código QR que son bidimensionales de respuesta rápida, donde escanear códigos QR con teléfonos móviles se han convertido en un método para garantizar la trazabilidad de producto, las cuales deben considerarse la distancia de la lectura y el tamaño del código para su lectura (Qian et al., 2017, 2021), Sin embargo, muchos de los códigos existentes en productos son enlaces para acceder a los sitios web de las empresas y no muestran información de trazabilidad del producto (Matzembacher et al., 2018) Por lo que es indispensable incentivar al uso de los códigos como una oportunidad para presentar la trazabilidad e información del producto.

Los países andinos fueron afectados por la pandemia, específicamente los pequeños productores de quinua en el Perú ante choques económicos a las exportaciones quienes a su vez compiten con nuevos productores de otros continentes por la expansión de la quinua (Bazile et al., 2021). Por lo tanto, si los productores actúan organizadamente pueden obtener mejores

beneficios, logrando el contacto directo con procesadores y/o comercializadores, aun mas tratándose de la quinua orgánica, donde la rentabilidad es levemente superior (Mercado & Ubillus, 2017) a su vez al contar el contacto directo entre productor y cliente podrían obtenerse los sellos sociales como el comercio justo. Tras estos últimos sucesos que se dan como los desastres naturales, inestabilidad económica, política y la pandemia, nos enfrentamos a una crisis humanitaria a una escala sin precedentes donde es indispensable la innovación multidisciplinaria en los sistemas alimentarios, para garantizar alimentos inocuos y nutritivos desde la cosecha y procesamiento (Bounie et al., 2020) Por lo que implementar herramientas como la trazabilidad para demostrar el control de todas las operaciones es de sumo interés. Debido a los altos volúmenes de importación y exportación de alimentos hace que sea indispensable el implementa sistemas de gestión de trazabilidad para granos como la quinua orgánica.

Lograr la trazabilidad en una unidad de grano no es fácil, ya que estas son complejas por su volumen y características de producto y además que implica a que los granos son de cadenas de suministros más largas, por lo que la aplicación de esquemas de codificación de producto por etapas podrían ser una alternativa para su implementación (Deng & Feng, 2021) Sin embargo se debería estudiar las características del sistema en la etapa del procesamiento, considerando que estas son las etapas más complejas donde se pierde la trazabilidad debido a las mezclas de producto que se da para atender los pedidos de los clientes.

El objetivo de este estudio fue de diseñar un sistema de gestión de trazabilidad de bajo costo para pequeños productores de quinua orgánica, teniendo en cuenta que Perú es el mayor productor de quinua en el mundo. Se identificaron las variables según las regulaciones necesarias para la trazabilidad en quinua, así como la identificación de procesos de toda la cadena productiva de quinua orgánica, con el fin de implementar un sistema de aplicación web en línea que a través de algoritmos computacionales con la que sea capaz de gestionar toda la información de toda la cadena de producción de quinua orgánica, logrando presentar la información inicial del productor y todo el proceso productivo en el empaque final del producto a través del código QR, además de realizar un análisis de riesgos en el producto con el fin de eliminar el nivel de incertidumbre en la conformación de lotes de producto orgánico.

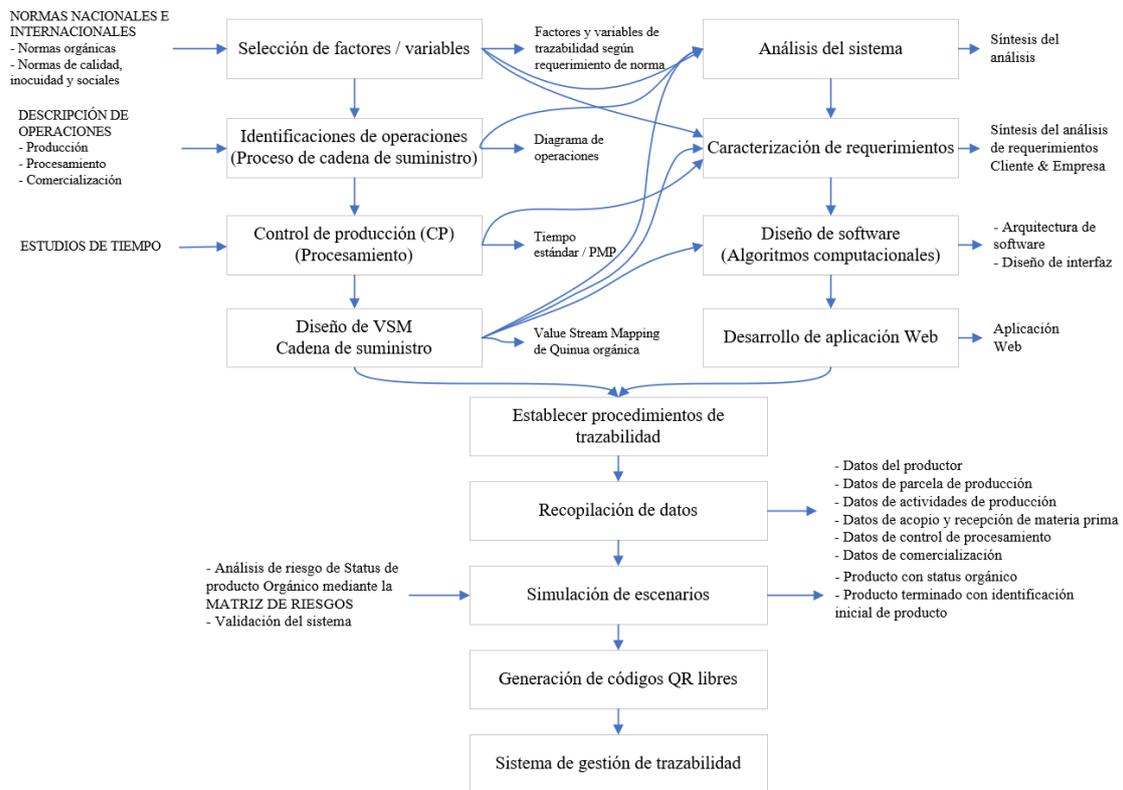
## **2. Materiales y métodos.**

### *2.1. Diseño metodológico.*

La presente investigación se realizó en dos fases, la primera fase es de tipo de investigación descriptiva-explicativa, debido a que se identificó y selecciono los factores y variables necesarios para la trazabilidad de quinua orgánica. mediante los estándares de sostenibilidad (Standardsmap) que son las normas nacionales e internacionales obligatorias y voluntarias que regulan la producción, el procesamiento y comercialización de la quinua orgánica, a su vez se identificaron los procesos y variables de producción y procesamiento primario de quinua orgánica basados en experiencias ancestrales, observación y experiencias en procesos en organizaciones

privadas relacionadas a la producción y procesamiento de la quinua orgánica, con el fin de definir variables de información que fueron necesarios para el análisis de riesgo de producto, definir la gestión de información para la trazabilidad y diseño de la herramienta digital.

La segunda fase consiste en una investigación cuasi experimental, debido a que se determinó los datos de control de procesos y operaciones a través del estudio de tiempos en el procesamiento de quinua orgánica, las cuales fueron plasmados en la herramienta de mapa de flujo de valor (Value Stream Mapping) con el fin de analizar el flujo de procesos y aplicar el plan maestro de producción en la planificación del proceso. La relación de cada etapa de la investigación se observa en la *Figura 1*.



*Figura 1. Diseño de la investigación*

## 2.2. Diagnóstico del sistema de producción, procesamiento y comercialización de quinua orgánica.

### 2.2.1. Selección de variables de regulación obligatorias y voluntarias

Se identificó y selecciono los factores y variables necesarios para la trazabilidad de quinua orgánica, mediante los requerimientos en los estándares de sostenibilidad (Standardsmap) que son las normas nacionales e internacionales obligatorias y voluntarias que regulan la producción, el procesamiento y comercialización de la quinua orgánica. El alcance de factores y variables fueron de las normas orgánica, gestión de calidad, inocuidad y sociales (*Tabla 1*).

*Tabla 1. Normas de sostenibilidad de quinua orgánica*

<b>Especificaciones</b>	<b>Normas Regulatorias</b>	<b>Condición</b>	<b>Alcance</b>
<b>Orgánicas</b>	Norma Orgánica Perú: El Reglamento Técnico para los Productos Orgánicos (RTPO)	Obligatoria	Nacional
	Norma Orgánica Unión Europea: EU - CE N° 834/2207 Reglamento básico sobre la producción orgánica	Voluntaria	Europa
	CE - N° 889/2208 Disposiciones de aplicación del reglamento 835/2007	Voluntaria	Europa
	Norma Orgánica Unión Europea: Reglamento CE N° 1235/2208 – Disposiciones de reglamento – Importaciones de productos ecológicos procedentes de terceros países.	Voluntaria	Europa
	Norma Orgánica Unión Europea: Directrices para la importación de productos orgánicos en la Unión Europea.	Voluntaria	Europa
	Norma Orgánica Estados Unidos: NOP-USDA – Organic Standards 7 CFR 205	Voluntaria	Estados Unidos de América
	Norma Orgánica Japón: Japanese Agricultural Standart (JAS)	Voluntaria	Japón
	Norma Orgánica Canadá: Canadian General Standart Board (CGSB)	Voluntaria	Canadá
<b>Inocuidad Alimentaria</b>	Normas orgánicas de Países Latinoamericanos: a través de la Comisión Interamericana de Agricultura Orgánica (CIAO)	Voluntaria	Latinoamérica
	Gestión de la Inocuidad y Calidad: DS N° 004-2011 – Reglamento de Inocuidad Agroalimentaria.	Obligatoria	Perú
	Gestión de la Inocuidad y Calidad: Norma British Retail Consortium (BRC) – 2018: Norma Mundial de Inocuidad alimentaria	Voluntaria	Mundial
	Gestión de la Inocuidad y Calidad: Food Safety Modernization Act: Ley de la modernización de inocuidad de los alimentos de la FDA (FSMA)	Voluntaria	Mundial
<b>Gestión de la calidad alimentaria</b>	Principios del codex alimentarius: HACCP – Análisis de peligros y puntos críticos de control	Voluntaria	Mundial
	Gestión de la Inocuidad y Calidad: ISO 9001:2015 – Gestión de la calidad	Voluntaria	Mundial
	Gestión de la Inocuidad y Calidad: ISO 22000 - Gestión de Seguridad Alimentaria	Voluntaria	Mundial
	Gestión de la Inocuidad y Calidad: ISO 22005 – Trazabilidad en la cadena de alimentos y el reglamento CE: 178/2002	Voluntaria	Mundial
	Gestión de la Inocuidad y Calidad: International Food Standart (IFS) 6.1	Voluntaria	Mundial
	Gestión de la Inocuidad y Calidad: Gluten Free - GlobalSTD	Voluntaria	Mundial
<b>Sociales y de responsabilidad empresarial</b>	Directrices de buenas prácticas de SMETA	Voluntaria	Mundial
	Gestión de la Calidad: Comercio justo – Fairtrade y otros sellos sociales	Voluntaria	Mundial

### *2.2.2. Identificación y estudio de procesos de la cadena productiva*

La identificación de proceso se realizó en 4 fases. El diagrama de flujo de producción para la quinua orgánica en campo se basó en prácticas ancestrales y tradicionales que practican y mantienen los agricultores andinos (Andreotti et al., 2020). Los procesos de acopio y comercialización fueron descritos en base a experiencias vividas por las empresas que comercializan la quinua orgánica, considerando la información que se requiere contar en estos procesos. El procesamiento primario en planta se describió en base a observaciones de procesos en planta, con el fin de identificar cada una de las etapas de proceso para la obtención del grano perlado de la quinua orgánica. La identificación de cada una de etapas en toda la cadena productiva se observa en la *Figura 2*.



Figura 2. Identificación de procesos de la cadena productiva de quinua orgánica

Identificadas las operaciones y con el fin de mantener la integridad de los lotes durante el procesamiento se realizó el estudio de tiempo de cada una de las etapas desde la selección de impurezas hasta el pesado de producto. El estudio de tiempo se determinó contabilizando el total del tiempo que requiere una unidad de producto (50 kg) por cada etapa. La suma total de los tiempos de cada etapa permitió identificar la cantidad mínima de producto necesario a procesar y el tiempo empleado para procesar tal producto, en un sistema de producción de línea continua.

### 2.3. Selección del sistema y captura de datos para la gestión de la información.

#### 2.3.1. Análisis y requerimiento de datos

Se desarrolló una herramienta digital para la gestión de la información, realizando un análisis de los requerimientos para definir la estructura del software e implementar el sistema. Para la selección y diseño del sistema se consideró principios de una trazabilidad, como; que sea verificable, sea aplicable, orientación a resultados, sea rentable, sea práctico de aplicar, cumpla con toda la regulación y que defina los requisitos con exactitud. El planteamiento de los requerimientos se realizó en base a un flujo de fases de proyecto (Figura 3)

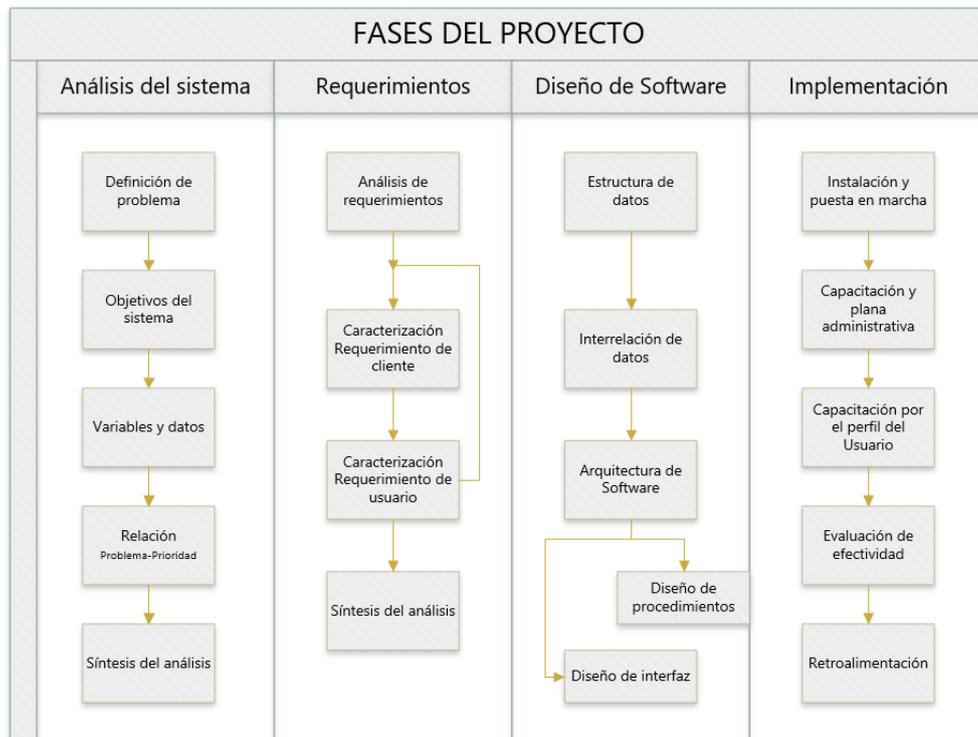


Figura 3. Flujo de desarrollo de herramienta digital para la gestión de trazabilidad

### 2.3.2. Desarrollo e implementación de aplicación web

Definida los requerimientos se elaboró el diagrama de flujo para el desarrollo del software. La codificación de los algoritmos se realizó en el lenguaje de programación Java, empleando el JDK versión 1.8.0 utilizando el IDE de desarrollo NetBeans v12., para la generación de los códigos QR en archivos PDF se empleó la librería Itext v5.0 para Java, la puesta en marcha se realizó con el contenedor web (servlets, JSP) Tomcat v8. (Figura 4)

<b>Plataforma</b>	Java™ 1.8.0_172
<b>IDE (Integrated Development Environment) Entorno de Desarrollo Integrado</b>	Netbeans® 12.1
<b>Servidor App-Java™</b>	Apache Tomcat® 8.5.37
<b>Archivos PDF, códigos QR</b>	iText® 5 , AGPL



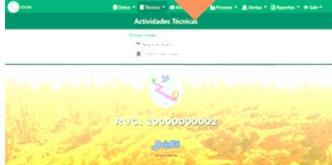



Figura 4. Diseño del sistema de gestión de trazabilidad

## 2.4. Diseño e implementación del sistema de gestión de trazabilidad y de riesgos para quinua orgánica

### 2.4.1. Sistema de codificación e identificación de datos

La cadena productiva de la quinua orgánica comprende los eslabones de producción (campo), almacenamiento, acopio, transporte, procesamiento y comercialización. Donde en todas ellas se debe identificar el producto. Por lo tanto, se definieron los patrones (códigos) de identificación de producto, que incluye la información de tipo de producto (Iniciales del producto; Quinua Blanca Orgánica), número de recepción en almacén de planta o entrega de producto en acopio (entregas de producto por parte de un productor a la planta), año de campaña (año de producción en campo) e identificador del productor (iniciales de nombres y apellidos del productor).



Figura 5. Propuesta de codificación de la quinua orgánica

La Figura 5, muestra la forma de redacción del patrón de identificación. Durante la etapa de la siembra se deberá llevar el control por parte del productor mediante registros de labores de campo, con las que se podrá llevar el control de toda la producción orgánica. La asignación del patrón de identificación se realiza al momento de la recepción de producto por parte del productor en almacén de la planta de procesamiento o al momento de realizar el acopio de la materia prima, manteniéndose la identificación en adelante en todas las operaciones hasta el consumidor final.

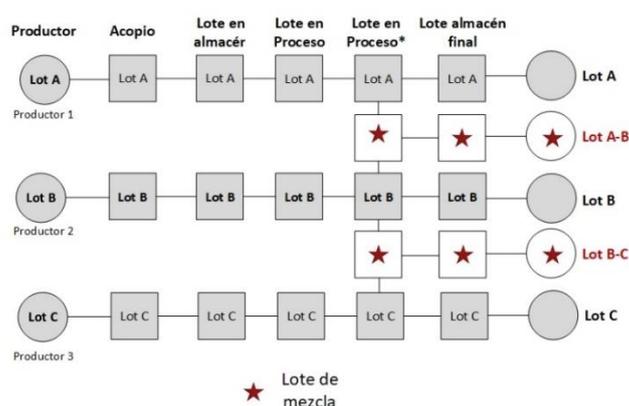


Figura 6. Secuencia de identificación de lotes en la cadena de producción de quinua orgánica

La Figura 6, muestra la relación de mezcla de producto de dos productores durante el proceso. Considerándose un sistema de producción de línea continua. Las cantidades de mezcla son

identificadas con la relación de datos de cantidad de producto a procesar y el tiempo de procesamiento.

#### 2.4.2. Identificación de variables de control para la gestión de riesgos y trazabilidad

La identificación del nivel de riesgo de status de producto orgánico se realizó mediante la gestión de información de labores de campo en la producción primaria, (Figura 7) con el propósito de organizar los lotes según los niveles de riesgo.

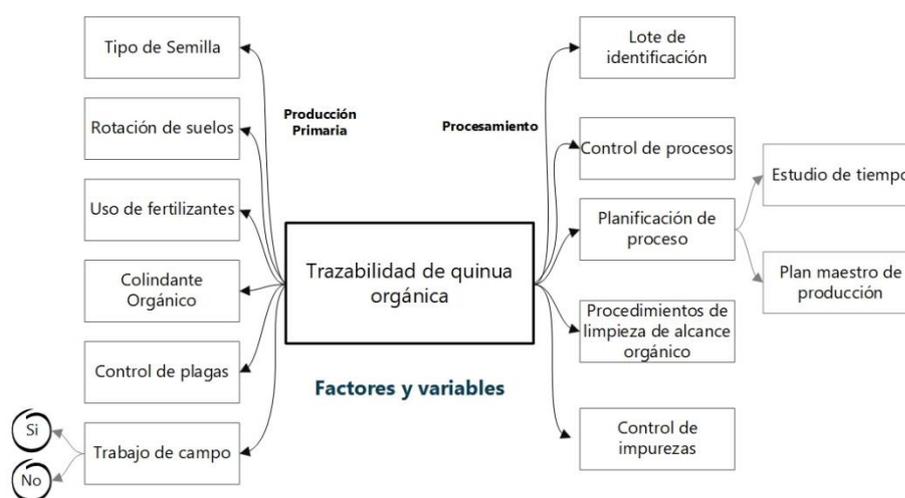


Figura 7. Definición de factores y variables para la trazabilidad de quinua orgánica

La evaluación de riesgo se realizó definiendo la influencia de la variable, para posteriormente calificar a través de los niveles de la variable (Tabla 2) en base a experiencias y directrices de la ISO 30001.

Tabla 2. Definición de variables para el análisis de riesgos

N°	VARIABLES	Factor de valoración	Niveles de variable	Valor de calificación
1	Calidad de semilla	5	Semilla orgánica certificada	0
			Semilla NO certificada	1
2	Libre de fertilizantes	4	Uso de materia orgánica	0
			Uso de materia NO orgánica	1
3	Control de plagas	3	Gestión de plagas orgánico	0
			Gestión de plagas NO orgánico	1
4	Rotación suelos	2	Correcta rotación de cultivos	0
			Incorrecta rotación de cultivos	1
5	Colindantes orgánicos	1	Productores orgánicos	0
			Productores NO orgánicos	1

Donde: Factor de valoración es influencia en el nivel de riesgo:

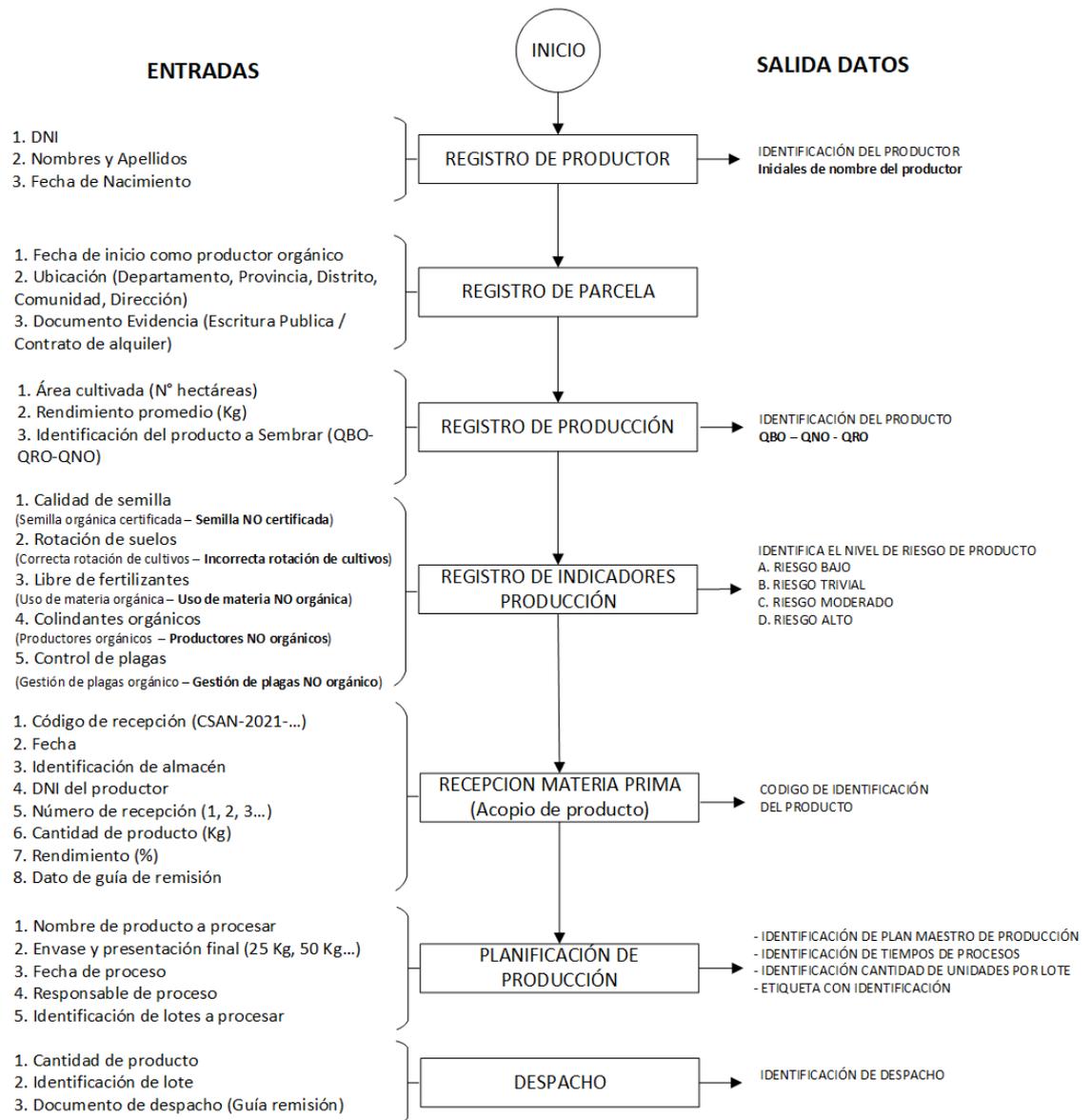
5 = Factor más influyente  
1 = Factor menos influyente

#### 2.4.3. Validación del sistema mediante los códigos QR libres

La validación del sistema se dio con el ingreso de la información de todas las etapas. Desde la identificación de productor, registro de labores de campo, registros de almacén, registro de acopio o recepción de producto, planificación del procesamiento en el sistema implementado, para finalmente lograr obtener los códigos QR con toda la información alimentada en el sistema.

### **3. Resultados y discusiones**

El diseño del sistema de gestión de bajo costo para la trazabilidad de quinua orgánica finalizó de manera correcta. Se identificaron los factores y variables de los sistemas de trazabilidad que se encuentran en los estándares locales e internacionales relacionados con la seguridad y la producción orgánica (Reglamento técnico para productores orgánicos "RTPO", UE, USDA, BRC, FSMA entre otros), una vez identificados los factores, se diseñaron diagramas de operación del proceso de producción primaria de quinua orgánica con base en experiencias ancestrales y conocimientos de los productores de la región Puno y datos de una organización ubicada en el distrito de Caminaca, de igual manera, en el procesamiento se definieron los procesos para la obtención del grano perlado, identificando los tiempos necesarios en cada etapa de procesos en una línea de procesamiento continuo en la planta de procesamiento de granos andinos de una organización privada en la región de Puno. Se definieron los patrones (códigos) de identificación del producto del productor y el resto de toda la cadena y se propuso el procedimiento de trazabilidad para la obtención de datos en base a factores y variables identificadas según las normas (Figura 8).



*Figura 8.* Definición de variables de entrada y salida para la trazabilidad de quinua orgánica

La base de datos fue desarrollada para ingresar toda la información y administrarla mediante algoritmos computacionales las cuales se encuentran en el sitio <https://belniksys.com/QuinoaTrazaB/Panel>. La base de datos es capaz de generar códigos QR gratuitos para ver la validación de la información inicial del productor y el proceso de la producción. Los módulos con los que cuenta el sistema de gestión de trazabilidad diseñado son de datos, módulo técnico, módulo de almacén de materia prima, módulo proceso, módulo de ventas y reportes (*Figura 9*). El detalle de cada uno de los requerimientos en cada módulo se observa en la *Tabla 3*.

Tabla 3. Requerimientos de datos por módulos en el sistema diseñado

DETALLE	MODULO DATOS	MODULO TÉCNICO	MODULO ALMACÉN DE MATERIA PRIMA	MODULO PROCESO	MODULO VENTAS	MODULO REPORTES
<b>OBJETIVOS DE MODULO</b>	Registro de los productores orgánicos	Registro de labores de campo y proyecciones de campaña	Registro de inventarios	Registro de programación de procesos	Registro de ventas	Revisión de reportes de los niveles de riesgo
<b>REQUERIMIENTO DE DATOS POR MODULO</b>	DNI productor	Registro de preparación de terreno	Tipo de producto	Identificación de línea de proceso	Registro de cliente	
	Nombres y apellidos del productor	Registro inicio de siembra	Procedencia de producto	Identificación de almacén	Cantidad de producto comercializado	
	Iniciales de nombre del productor	Tipo de producto sembrado	Lote de producto	Identificación de producto a procesar	Lote de producto	
	Fecha de nacimiento	Registro de finalización de siembra	Detalle de cantidad de producto	Identificación de la cantidad a procesar	Fecha de despacho de producto	
	Fecha de inicio	Registro de proyección de rendimiento	Estimación de rendimiento	Identificación del envase final		
	Ubicación	Registro de inicio de cosecha	Guía de remisión	Fecha de inicio del procesamiento		
	Comunidad	Registro de fin de cosecha		Responsable del procesamiento		
	Dirección	Registro de postcosecha		Identificación de lotes de producto		
	Foto del productor	Registro de otros cultivos				
	Constancia de ser propietario de terreno	Registro de labores de campo				
	Denominación de parcela	Registro de tipo de semilla				
	Área (hectáreas)	Registro de tipo de abono				
	Ubicación de parcela	Validación de colindantes				
	Comunidad	Control de plagas				
	Coordenadas WGS84	Registro de rotación de suelos				
	Elevación					
Certificación orgánica						
Constancia de certificado orgánico						



Figura 9. Implementación del sistema de gestión de trazabilidad

Con el estudio de tiempos se pudo elaborar el mapa de valor (Figura 10) para la representación de los procesos, reflejando las fases del proceso con la relación de cantidad de producto (Q) y tiempo de procesamiento (T). Las mismas fueron programadas en el sistema diseñado. Para mantener la integridad de los lotes se aplicó el plan maestro de producción (PMP) considerando el mapa de valor la cual fue considerada en el diseño del sistema (Figura 11).

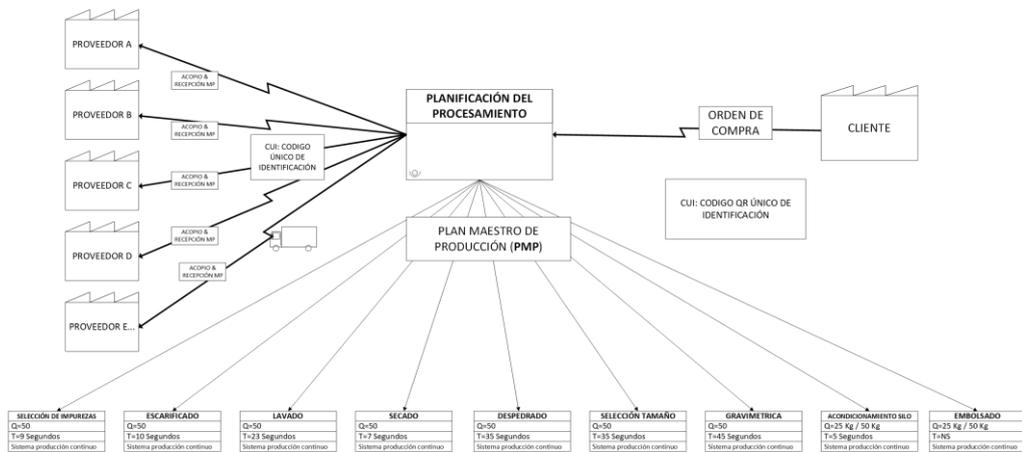


Figura 10. Diseño del VSM para procesamiento de quinua

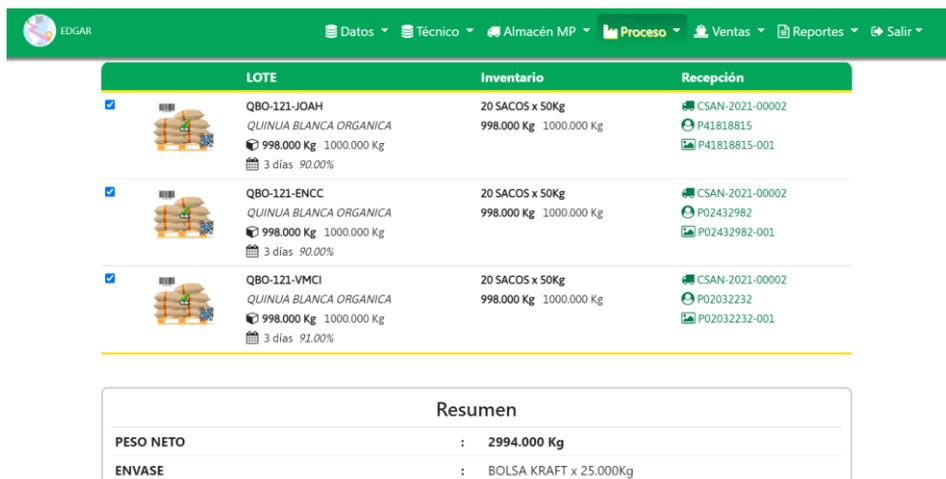


Figura 11. Diseño de PMP en procesamiento

El sistema también es capaz de generar una matriz de riesgo a partir de la información de producción primaria y recolección de quinua orgánica, lo que ha permitido reducir en un 80% los análisis de plaguicidas como garantía de calidad orgánica.

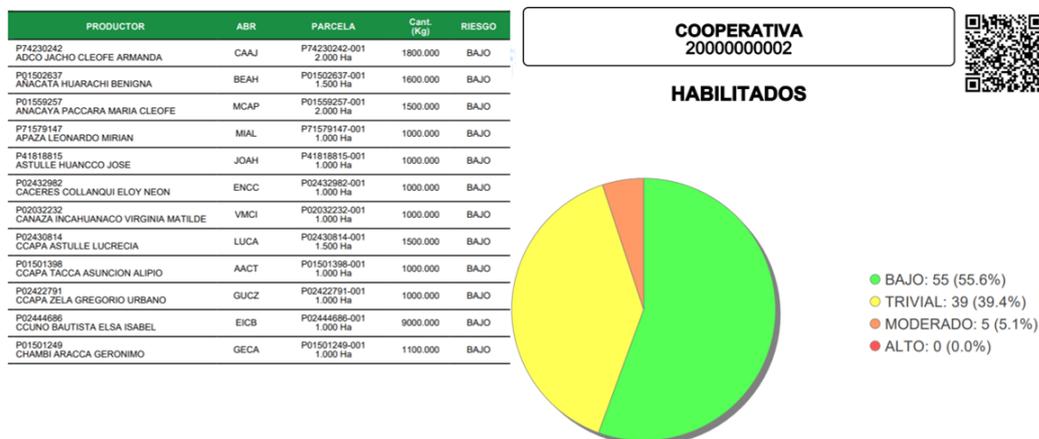


Figura 12. Reporte de validación de porcentaje de productores según nivel de riesgo para quinua orgánica

Se obtuvieron códigos QR con toda la información necesaria del producto (Figura 13), identificando al productor en la etiqueta final del producto, la capacidad de identificación del sistema de trazabilidad es del orden del 99% de lotes de productores individuales y 98% de mezclas identificadas en el mismo contenedor, es decir, el sistema identifica con precisión el origen de la quinua orgánica, ya sea en lotes individuales trazados en contenedores donde el código QR es único, así como la presencia de más de un productor o producto en un contenedor considerado una mezcla donde dos o más están etiquetados. más códigos QR.

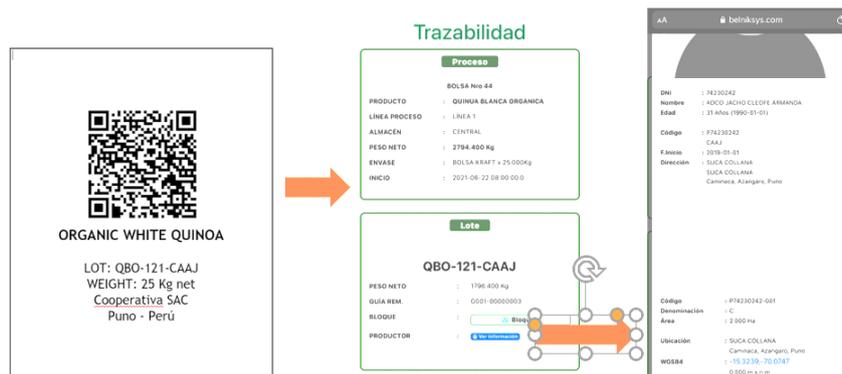


Figura 13. Validación de código QR libres

#### 4. Conclusiones

Se diseñó una plataforma web en línea capaz de almacenar, administrar y generar códigos QR gratuitos con toda la información de producto. Los códigos QR pueden ser acondicionados en la etiqueta final del producto con el que se puede obtener información del origen de la quinua orgánica, datos del productor, datos de la producción, cosecha, postcosecha, acopio, almacenamiento, procesamiento y comercialización de lotes de producto, convirtiéndose una oportunidad significativa para demostrar la calidad y seguridad en cada etapa a lo largo de la cadena de producto y lograr la confianza de los clientes.

Los estudios de tiempos y la aplicación del plan maestro de producción durante el procesamiento reflejados en el mapa de valor (VSM) permitieron mantener la integridad de lotes de las pequeñas cantidades de producto, con el que se da la garantía de identificar al productor en el envase final de un solo productor y dos productores.

La aplicación web en línea es capaz de gestionar información para clientes, gerentes, trabajadores, auditores y reguladores del gobierno. Asimismo, la aplicación web es capaz de generar una matriz de riesgos a partir de la información de la producción primaria de producto, con el que se puede reducir las pruebas de laboratorio para la validación del estatus orgánico de la quinua por cada uno de los pequeños productores.

El desarrollo del sistema es de gran importancia y valor de referencia para futuras investigaciones en cadenas productivas complejas como los productos agrícolas, las mismas que se necesitan validar para su implementación. El sistema es una alternativa para que las empresas garanticen la calidad y seguridad del producto a través de la trazabilidad. Donde el consumidor final puede identificar el origen del producto y cada fase del proceso productivo en el envase que adquiere.

Finalmente, el diseño del sistema de trazabilidad de bajo costo puede convertirse como un modelo para cadenas productivas de otros productos, brindando oportunidad para las empresas

y cooperativas quienes son conformados por pequeños productores para establecer el control en cada una de las etapas de una cadena productiva de producto.

## Referencias

- Alandia, G., Rodriguez, J. P., Jacobsen, S. E., Bazile, D., & Condori, B. (2020). Global expansion of quinoa and challenges for the Andean region. In *Global Food Security* (Vol. 26). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100429>
- Andreotti, F., Bazile, D., Neher, C., Lazo, M. C., Mayta-P, E., & Speelman, E. (2020). *Interpreting quinoa farmers' perspectives in the Peruvian Andes*. <https://agritrop.cirad.fr/597330/>
- Ayseli, Y. I., Aytakin, N., Buyukkayhan, D., Aslan, I., & Ayseli, M. T. (2020). Food policy, nutrition and nutraceuticals in the prevention and management of COVID-19: Advice for healthcare professionals. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 105, pp. 186–199). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.001>
- Bazile, D., Andreotti, F., Biaggi, C., Canahua Murillo, A., Chevarria-Lazo, M., Chura, E., Garland, G., González, J. A., Mujica-Sánchez, Á., & Tapia-Nuñez, M. E. (2021). The Quinoa at the time of COVID-19: New coordination between Andean producers. *Cahiers Agricultures*, 30. <https://doi.org/10.1051/cagri/2021016>
- Bedoya-Perales, N. S., Pumi, G., Mujica, A., Talamini, E., & Padula, A. D. (2018). Quinoa expansion in Peru and its implications for land use management. *Sustainability (Switzerland)*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/su10020532>
- Bounie, D., Arcot, J., Cole, M., Egal, F., Juliano, P., Mejia, C., Rosa, D., & Sellahewa, J. (2020). The role of food science and technology in humanitarian response. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 103, pp. 367–375). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.006>
- Cancino-Espinoza, E., Vázquez-Rowe, I., & Quispe, I. (2018). Organic quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) production in Peru: Environmental hotspots and food security considerations using Life Cycle Assessment. *Science of the Total Environment*, 637–638, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.029>
- Creydt, M., & Fischer, M. (2019). Blockchain and more - Algorithm driven food traceability. In *Food Control* (Vol. 105, pp. 45–51). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.05.019>
- Cruz, S., Boza, A., & Alemany, M. (2018). Traceability in the Food Supply Chain: Review of the literature from a technological perspective. In *Dirección y Organización* (Vol. 64).
- Curto, J. P., & Gaspar, P. D. (2021). Traceability in food supply chains: SME focused traceability framework for chain-wide quality and safety—Part 2. *AIMS Agriculture and Food*, 6(2), 708–736. <https://doi.org/10.3934/AGRFOOD.2021042>
- Deng, M., & Feng, P. (2021). Research on a Traceability Scheme for a Grain Supply Chain. *Journal of Sensors*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/8860487>
- Galanakis, C. M., Rizou, M., Aldawoud, T. M. S., Ucak, I., & Rowan, N. J. (2021). Innovations and technology disruptions in the food sector within the COVID-19 pandemic and post-lockdown era. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 110, pp. 193–200). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.002>
- Iftekhar, A., & Cui, X. (2021). Blockchain-based traceability system that ensures food safety measures to protect consumer safety and COVID-19 free supply chains. *Foods*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/foods10061289>

- Ilinca-Andreea, M. (2021). Tehnologia Blockchain și trasabilitatea alimentelor. *Revista Română de Informatică Și Automatică*, 31(2), 125–130. <https://doi.org/10.33436/v31i2y202110>
- Lin, X., Chang, S. C., Chou, T. H., Chen, S. C., & Ruangkanjanases, A. (2021). Consumers' intention to adopt blockchain food traceability technology towards organic food products. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ijerph18030912>
- Matzembacher, D. E., Carmo Stangherlin, I. do, Slongo, L. A., & Cataldi, R. (2018). An integration of traceability elements and their impact in consumer's trust. *Food Control*, 92, 420–429. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.05.014>
- Mercado, W., & Ubillus, K. (2017). Characterization of producers and quinoa supply chains in the Peruvian regions of Puno and Junin. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 251–256. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.08>
- Nosi, C., Zollo, L., Rialti, R., & Ciappei, C. (2020). Sustainable consumption in organic food buying behavior: the case of quinoa. *British Food Journal*, 122(3), 976–994. <https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2019-0745>
- Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V., & C.F.R. Ferreira, I. (2019). Chemical and nutritional characterization of Chenopodium quinoa Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. In *Food Chemistry* (Vol. 280, Issue December 2018, pp. 110–114). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.068>
- Qian, J., Du, X., Zhang, B., Fan, B., & Yang, X. (2017). Optimization of QR code readability in movement state using response surface methodology for implementing continuous chain traceability. *Computers and Electronics in Agriculture*, 139, 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.05.009>
- Qian, J., Xing, B., Zhang, B., & Yang, H. (2021). Optimizing QR code readability for curved agro-food packages using response surface methodology to improve mobile phone-based traceability. *Food Packaging and Shelf Life*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100638>
- Shen, H., Fu, M., Pan, H., Yu, Z., & Chen, Y. (2020). The Impact of the COVID-19 Pandemic on Firm Performance. *Emerging Markets Finance and Trade*, 56(10), 2213–2230. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2020.1785863>
- Tudora, E., & Tîrziu, E. (2019). Tehnologii de trasabilitate în sectorul agroalimentar. *Revista Română de Informatică Și Automatică*, 29(2). <https://doi.org/10.33436/v29i2y201908>
- Wu, X., Xiong, J., Yan, J., & Wang, Y. (2021). Perceived quality of traceability information and its effect on purchase intention towards organic food. *Journal of Marketing Management*. <https://doi.org/10.1080/0267257X.2021.1910328>
- Zhang, S., Liao, J., Wu, S., Zhong, J., & Xue, X. (2021). A Traceability Public Service Cloud Platform Incorporating IDcode System and Colorful QR Code Technology for Important Product. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5535535>
- Zheng, M., Zhang, S., Zhang, Y., & Hu, B. (2021). Construct Food Safety Traceability System for People's Health under the Internet of Things and Big Data. *IEEE Access*, 9, 70571–70583. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3078536>