



# FACULTAD DE NEGOCIOS

Carrera de Administración y Negocios Internacionales

## **“APLICACIÓN TECNOLÓGICA DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN LOS SUELOS DE CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE ARÁNDANOS DE CALIDAD EXPORTABLE, LA LIBERTAD 2025”**

**Tesis para optar al título profesional de:**

**Licenciada en Administración y Negocios Internacionales**

**Autor:**

Nidia Marlene Neyra Figueroa

**Asesor:**

Dr. Rafael Martel Acosta

<https://orcid.org/0000-0001-7067-8632>

Lima - Perú

2025

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	GUILLERMO JUNIORS MORALES BENAVIDES
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	GISELA ANALY FERNANDEZ HURTADO
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	RAFAEL MARTEL ACOSTA
	Nombre y Apellidos

## Informe de Similitud

### Nidia Neyra Figueroa

#### Informe de tesis final

- Reporte de resultados
- SUFICIENCIA Y TESIS
- Asesores

#### Detalles del documento

Identificador de la entrega  
trn:oid::1:3401229808

Fecha de entrega  
6 nov 2025, 5:43 p.m. GMT-5

Fecha de descarga  
6 nov 2025, 5:49 p.m. GMT-5

Nombre del archivo  
Tesis\_Nidia\_Neyra\_2025\_3.docx

Tamaño del archivo  
3.3 MB

76 páginas  
13.245 palabras  
80.393 caracteres

### 14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

#### Filtrado desde el informe

- Bibliografía

#### Fuentes principales

- 14% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mi familia, quienes con su amor, paciencia y apoyo incondicional me han dado la fortaleza necesaria para culminar esta etapa académica. A ellos debo cada logro alcanzado y la motivación para seguir superándome.

## **Agradecimiento**

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a Dios y a mi familia, por darme la fortaleza para culminar este proyecto y por ser un constante apoyo; y a los profesionales que fueron entrevistados ya que contribuyeron con su experiencia al enriquecimiento de esta tesis. De igual manera, extendiendo mi agradecimiento a las instituciones y organismos que brindaron información y apoyo durante la investigación, así como a todos aquellos que, de manera directa o indirecta, hicieron posible la culminación de este trabajo académico.

## Tabla de contenidos

JURADO EVALUADOR.....	2
INFORME DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
RESUMEN .....	9
PALABRAS CLAVES .....	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....	28
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	35
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	45
REFERENCIAS .....	50
ANEXOS .....	55

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Exportación de arándanos de la región La Libertad, Aduana Salaverry entre 2022-2024.....	14
<b>Tabla 2:</b> Límites máximos de contaminación de plomo, cadmio, nitratos y perclorato en frutas y hortalizas frescas en mg/kg a marzo de 2025.....	23
<b>Tabla 3:</b> Estándares técnicos, sanitarios y de calidad exigidos en los mercados internacionales.....	25
<b>Tabla 4:</b> Agrupación de códigos por código de categoría.....	33
<b>Tabla 5:</b> Adopción tecnológica en la agricultura de precisión.....	38
<b>Tabla 6:</b> Brechas en la aplicación tecnológica.....	40
<b>Tabla 7:</b> Tecnología y cumplimiento de estándares de calidad exportable.....	41

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Adopción de tecnologías de agricultura de precisión entre Ecuador, Chile y Perú.....	43
<b>Figura 2:</b> Desafíos comunes entre Perú, Chile y Ecuador sobre la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión.....	44
<b>Figura 3:</b> La aplicación tecnológica de la agricultura de precisión y los estándares de calidad.....	45
<b>Figura 4:</b> Ciclo de gestión basado en la información para la agricultura avanzada...	64
<b>Figura 5:</b> Preguntas y códigos de categoría generadas por AtlasTI - Codificación IA con relación al objetivo general de la investigación.....	66
<b>Figura 6:</b> Códigos generados por AtlasTI - Codificación IA en las tres entrevistas...	67
<b>Figura 7:</b> Cantidad inicial de códigos asociados a los códigos de categoría respectivamente generados por AtlasTI - Codificación IA en las tres entrevistas.....	68
<b>Figura 8:</b> Cantidad final de códigos asociados a los códigos de categoría en las tres entrevistas.....	69
<b>Figura 9:</b> Cantidad inicial de citas asociada a los códigos de categoría generados por AtlasTI - Codificación IA en las tres entrevistas.....	70
<b>Figura 10:</b> Cantidad final de citas asociada a los códigos de categoría en las tres entrevistas.....	71

## **Resumen**

La investigación se desarrolla dentro del contexto de la agro exportación de arándanos, donde Perú se ha consolidado como líder mundial. No obstante, se identificaron limitaciones que pueden significar el retroceso en la competitividad exportadora del país, lo que justifica analizar la aplicación de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en la región de La Libertad, principal zona productora, y así responder a la necesidad de optimizar la gestión de la productividad agrícola a través de soluciones tecnológicas más accesibles sin descuidar los estándares de calidad internacional.

Con el fin de identificar las formas de su aplicabilidad entre países similares, se entrevistó a especialistas de Perú, Chile y Ecuador. La información recolectada fue procesada mediante el software AtlasTI, lo que confirmó que la agricultura de precisión contribuye a la eficiencia productiva mediante la digitalización de procesos. Sin embargo, para el lugar de estudio se identificaron brechas vinculadas a los costos de adopción, la falta de conocimiento, escasa infraestructura hídrica y la desigualdad en el acceso a tecnologías. Se concluye que la presencia, escalabilidad, financiamiento y la capacitación para integrarlas a la producción de arándanos está focalizada en su gran mayoría por las instituciones privadas.

## **Palabras Claves**

Agricultura de precisión, Competitividad internacional, Gestión de suelos agrícolas, Sostenibilidad ambiental, Tecnologías digitales

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las exportaciones mundiales de arándanos se han mantenido con un crecimiento sostenido tanto en valor FOB como en volumen en relación con la subpartida arancelaria 0810.40.00.00. Este incremento ha estado acompañado por la introducción de nuevas variedades en el mercado internacional, impulsada por la participación de los principales países productores Perú, Chile, Estados Unidos, Países Bajos y España, los cuales han abastecido de manera continua la demanda global (Ver anexo 4). Dichas naciones concentraron aproximadamente el 74% del total de exportaciones mundiales de arándanos del 2020 al 2024, según cálculos estadísticos basados en datos de la plataforma digital TradeMap, desarrollada por el Centro de Comercio Internacional (ITC) con el propósito de proveer información obtenida mediante indicadores comerciales (International Trade Center, s.f).

Este dinamismo responde a la existencia de ventajas competitivas propias de cada país con el objetivo constante de liderar el mercado global con productos de calidad superior y diferenciación operativa. En este contexto, la competencia exportadora estimula entre los países la mejora en los precios, el incremento en la calidad y eficiencia productiva, la diversificación de mercados, la óptima gestión de la mano de obra y el bienestar de los productores, el fortalecimiento de la sostenibilidad medioambiental, la trazabilidad de la producción, la introducción de prácticas agrícolas avanzadas, entre otros, por lo que resulta vital combinar estrategias digitales y el uso de herramientas tecnológicas avanzadas para desarrollar una propuesta de valor clara y adaptable a diferentes entornos (Lazar, 2024).

No obstante, existen grandes limitaciones que afectan la producción agrícola

además de las adversas condiciones climáticas y la escasez de riego. Aún en la actualidad persisten dos brechas principales que dificultan el avance de los aspectos previamente señalados. La primera es el incremento de la pobreza principalmente en las zonas rurales de los Andes y la Amazonía, lo que restringe el acceso al conocimiento, a las tecnologías para optimizar la producción y a la comercialización. El limitado nivel educativo de los productores agrarios, frena el desarrollo del capital humano, y reduce las posibilidades de acceso a créditos del Agrobanco (Banco Agropecuario) y de la banca comercial debido a la falta de títulos de propiedad, según lo advierte el antropólogo Carlos Eduardo Aramburú. La segunda brecha corresponde al limitado potencial productivo de dichas áreas en comparación con la Costa, lo cual impacta de manera directa en la competitividad agrícola, tal como lo señala el antropólogo Antonio Alejandro Diez Hurtado (Ardiles Vilamonte, 2024).

A pesar de dichas limitaciones, Perú obtuvo una destacada participación en el comercio internacional de arándanos desde el año 2020. Esto se debe al trabajo continuo de asociaciones gremiales de exportación agrícola como AGAP, ProArandanos en colaboración con productores privados como Camposol S.A, Hortifruit – Perú S.A.C, Agrícola Cerro Prieto S.A y Agroindustrial Beta S.A, entre otras, así como al impulso de grandes proyectos de irrigaciones por el Gobierno del Perú. Este esfuerzo en conjunto ha permitido posicionar al país como el principal exportador mundial, superando a otros países al alcanzar en 2024 un valor récord de US\$ 2,270 millones FOB (35 % más que en 2023) y 326 mil toneladas exportadas (57 % más que el año anterior) (MIDAGRI, 2025).

Es importante mencionar que, pese al rápido y sostenido crecimiento de las exportaciones peruanas de arándanos, la marcada concentración de la oferta hacia mercados como Estados Unidos y Europa constituye un factor de vulnerabilidad frente a

las fluctuaciones de la demanda, cambios en las políticas comerciales externas e incluso variaciones en el marco regulatorio nacional. Esta situación revela la delgada línea entre el progreso y el retroceso en los niveles de exportación, al poner en evidencia la necesidad urgente de modernizar procesos y diversificar los destinos de exportación hacia mercados emergentes como Asia y África, los cuales han registrado un crecimiento moderado pero constante en sus importaciones de arándanos en los últimos años (Ver anexo 5) (Montes Ninaquispe et al., 2024).

En este marco, la agricultura de precisión es un concepto de gestión agrícola que se presenta como un apoyo estratégico para optimizar los procesos productivos y el rendimiento de los insumos que resulta en elevar la competitividad exportadora mediante la aplicación de tecnologías agrícolas que permitan la obtención y el análisis de datos en tiempo real para agilizar la toma de decisiones acertadas y así enfrentar la volatilidad del campo (Santos Valle & Kienzle, 2021). Dicha estrategia apoya el desenvolvimiento del sistema económico del país, el cual ha proyectado para el sector agrícola, superar la caída de -2.91% del año 2023 del Producto Bruto Interno (PBI), y alcanzar el 4% entre 2025 y 2027, lo que significará el impulso del empleo, la industrialización y el balance comercial, solo si se desarrolla la diversificación de cultivos, la infraestructura agrícola y el impulso a la innovación tecnológica tomando en cuenta la adopción de prácticas agrícolas sostenibles (EY Perú, 2025).

La responsabilidad de velar por la seguridad alimentaria, la productividad y proteger el medio ambiente en Perú se le atribuye al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) y sus órganos descentralizados, según la Ley N.º 25902 (MINAGRI, 2023). Entre ellos, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) juega un rol importante como rector del Sistema Nacional de Innovación Agraria (SNIA) con el fin de

promover la competitividad, sostenibilidad e innovación tecnológica agraria inclusiva por medio de actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) que involucran proyectos a través de su unidad ejecutora el Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA). En la 4ta edición de la guía de proyectos de innovación agraria del año 2020, se identificó 12 proyectos de 150 que aplicaron diversas tecnologías de agricultura de precisión orientadas a mejorar la competitividad, optimizar los procesos productivos y elevar la calidad de la producción, además de incluir la capacitación de pequeños y medianos productores. (INIA PERÚ, 2020).

Entre ellas destacan: la instalación de sistemas de riego tecnificado y planes de fertilización para la producción de panela y uva vinífera; Quinoa SmartApp, una plataforma rural inteligente para gestionar en tiempo real la producción automatizada de quinua orgánica; el desarrollo de tecnología de producción orgánica de cacao con planes de fertilización, poda sincronizada, manejo integrado de plagas y cosecha selectiva mejorada; el diseño de prototipos portátiles para evaluar fibras y superficie de piel de forma no invasiva en campo; así como el uso de drones para el conteo, control y vigilancia de vicuñas. Sin embargo, solo se realizó una propuesta para la adaptación de un paquete tecnológico para el cultivo de arándanos con el fin de corregir la acidez y la conductividad eléctrica del agua y el suelo e identificar patógenos y validar el manejo integrado de plagas en la Cooperativa APAES en el departamento de Ancash.

Es importante resaltar que la región con mayor relevancia productora de arándanos es La Libertad. Gracias a su capacidad de adaptación y evolución en el sector agrícola, el valor de exportación de arándanos superó 1 216,29 FOB en millones USD en 2024 a comparación de años anteriores tal y como se demuestra en la tabla N°1 (PROMPERÚ, 2025). Su dinamismo frente a situaciones adversas como El Niño Costero,

fenómeno sucedido en el 2017 que redujo la producción agropecuaria en 0,8 %, y las consecuencias de la COVID-19, pandemia acontecida entre 2020 y 2022, evidencia una resiliencia notable y una recuperación sostenida que le permitió cerrar en 2024 con un crecimiento de 10,1 % (Ver Anexo 6) (INEI, 2023). Este desempeño ha sido posible, en gran medida, gracias a la implementación de infraestructuras clave de riego, la adopción de tecnologías agrícolas avanzadas y la expansión sostenida de áreas cultivables.

**Tabla 1**

Exportación de arándanos de la región La Libertad, Aduana Salaverry entre 2022-2024.

Meses	Valor FOB (Millones US\$)		
	2022	2023	2024
Enero	42,645	33,314	131,814
Febrero	27,710	32,558	58,502
Marzo	14,764	16,628	20,612
Abril	1,641	1,211	3,467
Mayo	2,498	2,826	2,020
Junio	6,680	6,197	4,785
Julio	31,111	23,170	19,499
Agosto	95,242	82,830	87,805
Setiembre	164,454	128,260	231,475
Octubre	160,820	184,214	315,882
Noviembre	108,481	181,152	236,703
Diciembre	58,822	140,857	115,577
<b>TOTAL</b>	<b>714,873</b>	<b>833,221</b>	<b>1,228,148</b>

*Nota.* Tabla de elaboración propia con información de SUNAT que muestra el incremento anual de las exportaciones en Valor FOB (Millones US\$).

Un claro ejemplo es el Proyecto Especial Chavimochic (PECH), entidad adscrita al Gobierno Regional de La Libertad que se desarrolla en tres etapas, dos de ellas actualmente en operación, y con un presupuesto de S/37,500 millones. Dicho proyecto constituye un sistema de irrigación y generación de energía que deriva aguas del río Santa para abastecer los valles e inter valles de Chao, Virú, Moche y Chicama, con una proyección de beneficiar alrededor de 160 mil hectáreas de tierras agrícolas (Proyecto

Especial Chavimochic, s.f). Mediante la integración del Sistema de Control, Medición y Automatización (SCADA), el proyecto permite monitorear en tiempo real variables críticas como caudales, presiones, niveles y calidad del agua (Proyecto Especial Chavimochic, 2024).

De manera similar, se han desarrollado otras iniciativas públicas de gran importancia orientadas a impulsar la irrigación y el desarrollo agrícola en distintas regiones del país como el Proyecto Majes Sigua III en Arequipa, que beneficiará 60,000 hectáreas de irrigación y el Proyecto de Pampas Verdes que permitirá la irrigación en tierras de cultivo en Nazca y Caravelí (MIDAGRI, 2025). En la misma línea, el Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético del Alto Piura (PEIHAP) se orienta al desarrollo sostenible de las provincias de Huancabamba y Morropón y la región Piura, mediante la ejecución de infraestructura social, económica y productiva (Gobierno Regional Piura, s.f).

Las empresas privadas exportadoras no son ajenas a las necesidades de la región La Libertad ni del país, y participan activamente en la transformación del sector mediante la ejecución de proyectos estratégicos. Estas iniciativas les permiten mantener acceso a mercados internacionales altamente exigentes, incrementar su rentabilidad y competitividad, atraer nuevas inversiones y fortalecer su legitimidad social y ambiental a largo plazo. Un claro ejemplo lo constituye la Guía de Proyectos de Sostenibilidad elaborada por los gremios de AGAP, que sistematiza proyectos orientados a relaciones comunitarias, obras por impuestos, educación, sostenibilidad ambiental y agricultura para el desarrollo en diversas regiones del Perú. En este marco, destacan las empresas con presencia en La Libertad, tales como Danper Trujillo S.A.C., Agrícola Cerro Prieto S.A.C. y Camposol S.A.C., entre otras, que han consolidado su papel como actores clave

en la agro exportación y el desarrollo regional (AGAP, 2025).

A continuación, se presentan como antecedentes, casos basados en la aplicación de tecnologías en el sector agrícola internacional y nacional. Con ellos, se planea brindar al lector ideas más concisas de las propuestas tecnológicas que se han desarrollado en el transcurso de los años con la finalidad de colocarlo en el contexto actual sobre la alta demanda tecnológica que existe en el sector agroexportador.

### **Antecedentes que apliquen tecnologías de Agricultura de Precisión para análisis de suelos en el sector agrícola**

#### **A nivel Internacional**

(Perez & Gracia, 2020) En España, se llevó a cabo el proyecto Producción Computarizada de Azafrán orientada a la implementación de un invernadero automatizado con control integral de temperatura, iluminación y riego, complementado con dispositivos especializados para la cosecha y separación de estigmas. El dispositivo de recolección se desarrolló específicamente utilizando propiedades de escalabilidad y visión artificial. La integración de la inteligencia artificial en este sistema industrial ha permitido la creación de un modelo tecnológico avanzado que genera continuamente el ambiente ideal para la producción del Azafrán. Este invernadero puede ser adaptable a otros cultivos en Perú y de esta manera tener como resultado cosechas en óptimas condiciones en menor tiempo y esfuerzo.

(Sembrador Capital, 2025) En Chile, el fondo privado de inversiones agrícolas implementó en 2022 el sistema “Drop Control”, una herramienta de agricultura de precisión orientada a optimizar la eficiencia del riego. Esta tecnología integra y procesa

información clave sobre variables como clima, humedad del suelo, caudales de riego y fuentes de agua, permitiendo una toma de decisiones más precisa en la gestión del riego y la fertilización. De manera complementaria, se incorporó la plataforma “Ceres Imaging”, que emplea imágenes aéreas y análisis de datos para monitorear el estado fitosanitario de los cultivos, detectar la presencia de plagas y enfermedades, y evaluar niveles de estrés hídrico. La combinación de ambas tecnologías ha permitido mejorar la gestión de recursos hídricos y la sanidad vegetal. En conclusión, este avance constituye un modelo replicable para otros productos agrícolas de exportación, especialmente en entornos que demandan altos estándares de calidad, sostenibilidad y eficiencia productiva.

(Hortibiz, 2022) En la provincia de Columbia Británica, la empresa Klaassen Farms, una importante productora familiar de arándanos, implementó el "Harvy 500", un sistema avanzado de cosecha automática desarrollado por la compañía neerlandesa FineField. Este cosechador totalmente automatizado funciona con energía solar. Como resultado, disminuye la inversión de mano de obra entre 50 y 60 recolectores, al tiempo que mantiene un alto estándar de calidad en los frutos y reduce las pérdidas al suelo. Este enfoque ejemplifica una solución de Agricultura 4.0 que mejora la eficiencia operativa, reduce costos laborales y aporta sostenibilidad al proceso de recolección en campos de arándanos comerciales.

(INIA, 2025) En Chile, la investigadora en agricultura digital de INIA Quilamapu, Paula Vargas, con el respaldo de INIA de Chile y con el financiamiento del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondef IDEA), desarrolló AgroNutriScan, un asistente digital que a través de la inteligencia artificial busca optimizar la fertilización en maíz y arándanos al realizar análisis foliares y al generar

predicciones de las necesidades nutricionales en tiempo real desde un teléfono celular. De esta manera mejorará la productividad, se reducirán los costos de producción y el impacto ambiental.

### **A nivel Nacional**

(MIDAGRI, 2025) Con la implementación de un software de análisis espacial, el INIA tiene como objetivo la obtención de datos para una gestión sostenible de la agricultura, ganadería y forestería peruana. Se crearán mapas detallados que representan la variación espacial de la fertilidad a partir del muestreo de suelos. Como resultado se obtendrá información clave en tiempo real para la toma de decisiones de los productores, que permitan programar las campañas de siembra y fertilización basadas en el conocimiento de la variación espacial de la fertilidad de los suelos de uso agrícola del Perú. En conclusión, se optimiza el uso de insumos, se incrementa la productividad y se promueve una agricultura más eficiente y ambientalmente sostenible.

(Inia Perú, 2021) En Lambayeque, El Instituto Nacional de Innovación Tecnológica implementó una tecnología compacta basada en el sistema de reflectometría de dominio de tiempo (TDR 150) para medir de manera precisa y eficiente el contenido y estado de la humedad en los suelos agrícolas de Lambayeque, con el fin de optimizar los tiempos de riego. Dicha tecnología emite pulsos electromagnéticos a través del suelo y mide el tiempo que tarda en reflejarse la señal, permitiendo estimar con alta precisión el nivel de humedad. Los datos obtenidos fueron analizados para definir patrones de humedad y establecer los momentos óptimos para la irrigación. Su aplicación permitió obtener mediciones rápidas, confiables y en tiempo real del contenido de humedad del suelo, mejorando la programación del riego y reduciendo el uso innecesario de agua. En

conclusión, la tecnología TDR 150 constituye una herramienta eficaz para optimizar el uso de recursos hídricos, incrementar la eficiencia del riego y favorecer la sostenibilidad de la producción agrícola en la región de Lambayeque.

(Gobierno del Perú, 2025) En la región La Libertad, el Proyecto Especial CHAVIMOCHIC (PECH) ha implementado el Sistema de Gestión al Regante (SISGER), el primer aplicativo móvil en el Perú diseñado para optimizar la gestión hídrica en proyectos especiales de irrigación mediante la integración de sistemas de información geográfica (SIG), automatización del riego, monitoreo de cultivos, y gestión de datos prediales y de consumo de agua. A través del SISGER, los agricultores pueden generar solicitudes y recibir notificaciones, así como realizar consultas en tiempo real, fortaleciendo la toma de decisiones y promoviendo un uso más racional y sostenible del recurso hídrico en zonas de alta producción agroexportadora.

Con el propósito de aportar sustento académico y científico al estudio, se presentan a continuación las bases teóricas y conceptuales que abarcan desde la planificación del cultivo hasta las prácticas de manejo de suelo y monitoreo continuo, considerando que la investigación se centra en analizar la aplicabilidad tecnológica en los suelos agrícolas de arándanos. La definición de la agricultura de precisión y la identificación de los elementos que la integran permitirán esclarecer la manera en que se adecua su implementación a la calidad del fruto destinado a la exportación. Esta fundamentación teórica contribuirá al cumplimiento de los objetivos planteados y al adecuado análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la investigación.

En la actualidad, el modelo más moderno de un ecosistema agrario avanzado es la “Agricultura 4.0”. Esta es la eficiente integración de todas las tecnologías existentes de

la agricultura de precisión y la agricultura digital con el fin de forjar un sistema automatizado que capte, genere y gestione la información con el uso de dispositivos inteligentes en tiempo real y que anticipe situaciones catastróficas que limiten o detengan los procesos productivos (Agrotendencia, 2022). No obstante, la implementación de este modelo en la planificación agrícola requiere previamente de bases sólidas de agricultura moderna; por ello, resulta esencial consolidar primero un sistema eficiente de agricultura de precisión para cumplir posteriormente con el ciclo de gestión basado en la información para la agricultura avanzada (Ver anexo 7).

Dicho ciclo muestra las diferentes etapas y elementos tecnológicos que intervienen en la agricultura digital como la integración e interrelación de la Inteligencia Artificial (IA), capaz de procesar imágenes y datos para identificar plagas, enfermedades, necesidades de riego y fertilización en los arándanos; la Teledetección, que mediante satélites o drones monitorea el estado del suelo y la vegetación, identificando zonas con estrés hídrico o deficiencias nutricionales; Internet de las cosas (IoT), que integra sensores en el suelo y en el cultivo que envían datos en tiempo real sobre humedad, temperatura y pH. Bajo la misma dirección, se han iniciado experimentos en las regiones de Lima, Tarapoto, Huancavelica, San Martín y La Libertad aplicando Machine Learning e Inteligencia Artificial a ciertos cultivos para desarrollar modelos de predicción de rendimiento. Para la recolección de datos, evalúan los campos mediante el uso de equipos portátiles, drones y sensores remotos incorporados con cámaras RGB, multispectrales y térmicas (INIA PERU, 2022).

De la misma forma, la Tecnología Blockchain garantiza la trazabilidad productiva desde el campo hasta el consumidor final mediante criptografía lo que lo convierte en una opción segura, eleva la competitividad del sector agroalimentario, reduce procesos de

transacción, abarata costos y facilita la trazabilidad de los productos, lo que mejoraría el comercio agrícola (Rondinel, 2023). A esto se suman las Tecnologías de la información y la comunicación (TIC), que permiten a los productores gestionar información y mejorar la coordinación con especialistas mediante plataformas y aplicaciones móviles; el Light Detection and Ranging (LIDAR), que genera mapas de alta precisión del relieve y la estructura de los suelos con pulsos de luz láser, útiles para diseñar un mejor riego y drenaje en los campos de arándanos, optimizando recursos y reduciendo pérdidas; y Robótica Agrícola, mecanización para complementar la extensiva necesidad de mano de obra en la producción (Santos Valle & Kienzle, 2021).

En continuidad con la agricultura de precisión, su incorporación en el sector agrícola requiere atender tres criterios esenciales que han sido analizados desde las bases teóricas de los procesos de su introducción en la producción de arándanos y que se definirán posteriormente: eco eficiencia, rendimiento productivo y optimización de tiempos de cosecha (Vargas & Best, 2019). La articulación eficiente de estos factores favorece no solo la estabilidad y rentabilidad del comercio internacional, sino también el cumplimiento estricto de los estándares técnicos, sanitarios y de calidad exigidos en los mercados de destino, lo que permite que el arándano sea considerado apto para la exportación y fortalezca su competitividad a nivel global (tabla N°3).

La eco eficiencia busca minimizar los impactos ambientales en las zonas productivas y trabajar de la mano con recursos naturales en procesos que no pueden ser cubiertos por el ser humano como la polinización. Esto implica estudiar la variabilidad espacial y temporal del campo, así como monitorear el estado vegetativo de las plantas, el índice de vigor, la actividad fotosintética y las condiciones del suelo, agua y clima para mantener un ambiente controlado. Para ello, tecnologías como el sistema de

posicionamiento global (GPS) y los sistemas de información geográfica (SIG) permiten elaborar mapas geoespaciales y de rendimiento que facilitan la zonificación productiva y el uso eficiente de recursos hídricos y agroquímicos. Finalmente, la información recopilada debe integrarse en una plataforma de gestión que conecte sensores remotos, datos climáticos y la zonificación de los cultivos, asegurando una gestión integral de la producción.

El rendimiento productivo se basa en la obtención de información en tiempo real para ajustar estrategias comerciales y adecuar las logísticas de cosecha y pos cosecha. Para ello, es vital evaluar las condiciones edafológicas del suelo y la eficiencia del riego, con el fin de proyectar el crecimiento de la planta y estimar el índice de madurez de las bayas de arándano. Así mismo, se requiere evaluar la calidad como parte de la fenología del arándano, estimar el índice de vegetación y determinar las características organolépticas de los frutos. En este proceso, la incorporación de tecnologías como sensores de humedad, drones, espectrómetros, mapa de proyección datos, software para la clasificación del estado de madurez y sistemas de selección NIR para evaluar la calidad del fruto son de vital importancia. La optimización de tiempos de cosecha demanda las condiciones ideales que el productor debe considerar para programar la cosecha por lo que es importante considerar el uso de información satelital o drones para obtener los grados días acumulados (GDD) en tiempo real ya que, año a año las condiciones de acumulación térmica cambian.

A nivel global, el arándano no solo requiere cumplir estándares de calidad y técnicos para su comercialización internacional, sino también con certificados fitosanitarios emitidos por la autoridad nacional, que garantice que los frutos están libres de plagas reglamentadas tal y como se demuestra en la tabla N°3. En relación a las

características del fruto, el informe UNECE estándar FFV-57 especifica que los frutos deben presentarse enteros y uniformes, indemnes y sin daño, conservar su forma varietal y estar libres de pudrición o deterioro visible, libres de bayas aglomeradas y que mantengan una cobertura natural de pruina (cera blanca), características que aseguran apariencia y frescura (UNECE, 2024). El empaque debe ser resistente, ventilado y limpio, siguiendo las pautas del Codex Alimentarius, el cual establece normas internacionales de inocuidad y calidad de alimentos, cada país decide si adopta, adapta o establece reglas más estrictas (FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, s.f).

De la misma forma, se requiere cumplir con certificaciones que garanticen la seguridad alimentaria como Global G.AP y estrictos límites máximos de residuos (MRLs) para plaguicidas y otros contaminantes establecidos por el Codex Alimentarius y, en la Unión Europea UE, la legislación comunitaria como se demuestra en la tabla N°2 (CBI, 2025). Asimismo, la Comisión Europea pone a disposición la plataforma ROSA (Rules of Origin Self-Assessment), que permite a los exportadores verificar el cumplimiento de las normas de origen y, con ello, acceder a los beneficios de los acuerdos comerciales vigentes, como la aplicación de aranceles reducidos o nulos (European Commission, s.f).

**Tabla 2**

Límites máximos de contaminación de plomo, cadmio, nitratos y perclorato en frutas y hortalizas frescas en mg/kg a marzo de 2025.

<b>Frutas y hortalizas</b>	<b>Dirigir</b>	<b>Cadmio</b>	<b>Nitratos</b>	<b>Perclorato</b>
Frutas	0,1-0,2	0,02-0,05		
Hortalizas de raíz y tubérculos	0,1-0,8	0,02-0,2		
Hortalizas de frutas	0,05-0,1	0,02-0,03		
Verduras del género Brassica	0,10-0,3	0,04-0,1		
Hortalizas de Bulbo		0,03-0,05		
Verduras de hojas y hierbas		0,1-0,2		

Verduras legumbres	0.02
Verduras de tallo	0,03-0,1
Espinacas, lechuga, rúcula	2.000-7.000
Frutas y verduras	0,05 – 0,5

*Nota.* Fuente Reglamento (UE) 2023/915 de la Comisión relativo a los contenidos máximos de determinados contaminantes en los alimentos (versión consolidada del 1-1-2025).

En Estados Unidos, la autoridad responsable de establecer los límites máximos de residuos para plaguicidas y contaminantes es la EPA (Environmental Protection Agency). El sector debe cumplir con los estándares del Produce Safety Rule, establecidos bajo la Food Safety Modernization Act (FSMA), los cuales definen requisitos mínimos científicos para el cultivo, cosecha, empaque y almacenamiento de frutas y hortalizas destinadas al consumo humano, incluyendo los arándanos (U.S. Food and Drug Administration, 2024). Además, estos productos deben cumplir con la normativa de gradación U.S. Grade No. 1, que exige frutos limpios, bien formados, sin pudrición, moho ni defectos visibles (Agricultural Marketing Service, USDA, s.f).

Sobre los mercados de Asia, Perú cuenta con un acuerdo oficial con la Administración General de Supervisión de Calidad, Inspección y Cuarentena de China (AQSIQ), lo que permite la exportación de fruta fresca bajo supervisión de SENASA (Blueberries Consulting, 2016). Asimismo, se exige el estricto cumplimiento de los límites de residuos de plaguicidas (LMR), los cuales en algunos casos son más restrictivos que los aplicados en Estados Unidos. En muchos mercados africanos como Sudáfrica o aquellos adheridos a COMESA, los estándares para arándanos frescos suelen alinearse con los de la Unión Europea.

**Tabla 3**

Estándares técnicos, sanitarios y de calidad exigidos en los mercados internacionales.

<b>Aspecto</b>	<b>Requisitos clave</b>
Calidad física	Entero, limpio, uniforme, sin daños ni defectos
Certificado fitosanitario	Libre de plagas cuarentenarias
Residuos de pesticidas	Cumplir MRLs; certificaciones como GLOBALG.A.P.
Empaque y etiquetado	Higiénico, resistente, con información completa
Trazabilidad	Registro desde la siembra hasta el destino
Registro y control fitosanitario	Inspección y registro obligatorio por entidad oficial

*Nota.* Tabla de elaboración propia con información adquirida del Codex Alimentarius

Al investigar sobre la importancia de la incorporación de tecnologías en las organizaciones, se encontró información que afirma que dicha estrategia se basa en un proceso de cambio del ecosistema organizacional. Lograr este cambio no solo conlleva a la implementación de múltiples alternativas tecnológicas que deberán ser gestionadas adecuadamente para adaptarse con éxito al nuevo panorama digital, sino también superar los principales obstáculos como la designación de bajo presupuesto para la transformación digital en las organizaciones, la falta de cultura organizacional transformacional, el desconocimiento sobre el uso de nuevas tecnologías, la falta de mentalidad y de un modelo de negocio claro, la carencia de liderazgo y la falta de capital humano, entre otros factores (Páez et al., 2022).

Las tecnologías mencionadas contemplan tres dimensiones que toda organización debe tener en cuenta antes de plantearse retos tecnológicos para mejorar su competitividad, estas son la transformación operativa, transformación organizativa y la

transformación del modelo de negocio (Colaboradores, 2019). La primera hace referencia a la incorporación de las tecnologías en organizaciones que hayan entendido la importancia de mejorar su forma de trabajo y que esta se adapte a las circunstancias del proyecto sin cambiar la esencia de la empresa (Gestión, 2021). La segunda involucra el cambio de la estructura organizacional la cual incluye a las dimensiones humanas; es decir, las organizaciones deben aceptar el hecho de que la implementación deberá ser tecnológica y socialmente sostenible; y la última implica cambiar la esencia de toda la empresa.

Según lo antes visto y con la finalidad de informar sobre la realidad actual del lugar de estudio en base al tema de investigación, es prioritario detallar la justificación de la investigación. Para responder los objetivos y resolver la problemática del proyecto, es necesario determinar si los objetivos del sector agroexportador se están cumpliendo con eficacia y eficiencia al aplicar tecnologías de agricultura de precisión y sugerir la(s) posible(s) alternativa(s) de solución más ideal(es) en caso se requiera. Según (Aragón Vargas, 2021) “Una buena justificación debe sintetizar el conocimiento actual sobre un tema concreto, demostrar que en ese tema existen vacíos o brechas y explicar por qué es importante llenar esos vacíos” (p.2).

Para la elaboración del presente informe, se recurrió no solo a la recopilación de información procedente de fuentes oficiales, sino también a la consulta directa con especialistas mediante entrevistas, con el objetivo de cumplir dos propósitos fundamentales: primero, definir las tecnologías vinculadas a la agricultura de precisión orientadas al análisis de suelos de cultivo; y segundo, identificar los procedimientos utilizados para su aplicación en el área de estudio, lo que permitirá identificar brechas existenciales y la manera en que se adecua su aplicabilidad con los estándares de calidad

del arándano exportable. De este modo, se busca determinar el tipo de influencia que ejerce la aplicación de tecnologías de agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos con fines de exportación.

La presente investigación resultará especialmente valiosa para inversionistas interesados en incursionar en la comercialización de arándanos de calidad exportable, particularmente en la zona de estudio. La comprensión de la importancia que tiene la optimización de la producción y la prevención de riesgos, mediante la aplicación de tecnologías de agricultura de precisión en los suelos de cultivo, permitirá que productores actuales y potenciales inversionistas adopten decisiones orientadas a la tecnificación y automatización de sus procesos, fortaleciendo así su competitividad y contribuyendo al desarrollo del sector agroexportador. Asimismo, este estudio busca influir en la formación y mentalidad de los profesionales, incentivándolos a replantear soluciones y propuestas frente a diversas problemáticas con un enfoque alineado a las nuevas tendencias digitales.

## **1.2 Formulación del problema**

Problema General:

¿De qué manera se desarrolla la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo para la producción de arándanos de calidad exportable en La Libertad 2025?

Pregunta(s) Específica(s):

- ¿Cuál es la realidad de la adopción tecnológica actual de agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad?
- ¿Cuáles son las brechas existentes en la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad?

- ¿De qué forma se adecua la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en el cumplimiento de los estándares de calidad para la exportación?

### **1.3 Objetivos**

El objetivo general de la investigación es analizar la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo y su desarrollo para la producción de arándanos de calidad exportable en La Libertad 2025. Así mismo, los objetivos específicos son: describir la realidad de la adopción tecnológica actual de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad, identificar las brechas existentes en la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad y; finalmente, conocer cómo se adecua la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en el cumplimiento de los estándares de calidad para la exportación.

Como punto final, no se plantea una hipótesis al ser un estudio bajo el enfoque cualitativo, por ende, se propone el supuesto que indica que la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en los suelos favorece a la producción de arándanos de calidad exportable en La Libertad.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

Para el presente proyecto se empleó una metodología coherente con los objetivos planteados, cuyo propósito central fue analizar las formas de aplicación tecnológica de la

agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos con fines de exportación en la región La Libertad. El estudio se enmarca en un enfoque cualitativo, dado que este tipo de investigación permite comprender fenómenos en su contexto natural, interpretando significados y experiencias de los participantes sin recurrir a la cuantificación de datos (Creswell & Poth, 2018). Este enfoque resulta particularmente adecuado para explorar la percepción de especialistas del sector agrícola sobre las oportunidades y limitaciones en la implementación de tecnologías digitales y de precisión.

Asimismo, en el marco de un estudio cualitativo, resulta imprescindible reconocer los supuestos filosóficos para el desarrollo de la investigación, es decir las creencias y valores fundamentales sobre la realidad, el conocimiento y la práctica investigativa, los cuales influyen en la formulación de las preguntas, el diseño metodológico y la interpretación de resultados. Por ello, se evaluaron previamente las perspectivas, creencias y experiencias que se aportarían al estudio, las estrategias y el enfoque de investigación y por último la clase de influencia del enfoque de investigación en los métodos utilizados para la recopilación y el análisis de datos (Creswell & Poth, 2018).

El nivel de investigación corresponde al descriptivo, puesto que se busca detallar mediante narración las características observadas en torno a la situación actual de la implementación de tecnologías agrícolas en la producción de arándanos. Para lograrlo, se recurrió entrevistar a ingenieros agrícolas especialistas en el sector, lo que permitió alcanzar una visión amplia de la realidad investigada sin manipular variables ni establecer relaciones causales (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Por su parte, el alcance de la investigación es de tipo básico, dado que se orienta a la generación y ampliación de conocimientos científicos sobre la aplicación de tecnologías de agricultura de precisión. Este propósito no se enmarca en un fin práctico

inmediato, sino que busca contribuir al fortalecimiento teórico y conceptual del campo de estudio (Muntané Relat, 2010). Al tratarse de una investigación fundamental, sus resultados se proyectan como un aporte al debate académico y como base para futuras investigaciones aplicadas en la región.

El diseño metodológico adoptado corresponde al estudio de caso, ya que se definió y delimitó el fenómeno de interés en un contexto específico: la aplicación de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad, Perú. Este diseño permitió realizar un análisis holístico de la información recopilada, generando una comprensión profunda sobre las condiciones de implementación, los actores involucrados y las implicancias de estas tecnologías en la competitividad del sector agrícola (Creswell & Poth, 2018). El estudio de caso, además, incluyó comparaciones con experiencias en países con niveles de producción similares al Perú, lo que enriqueció la interpretación de los hallazgos.

La población de estudio estuvo conformada por un conjunto amplio de actores vinculados a la producción, gestión y promoción de la agricultura de precisión en cultivos de arándanos y a la gestión hídrica y tecnológica del sector agroexportador: empresas privadas agroexportadoras con proyectos de arándanos, ingenieros agrónomos y especialistas en tecnologías digitales aplicadas a la agricultura 4.0, entidades públicas y organismos descentralizados vinculados al riego y desarrollo agropecuario, investigadores de centros de I+D agrario, inversionistas y productores (pequeños, medianos y grandes) que participan en cadenas de valor orientadas a la exportación. De este universo, se trabajó con una muestra intencional orientado a expertos con conocimiento técnico y de gestión aplicable al tema. La selección de expertos permite obtener datos focalizados y relevantes sobre la adopción de tecnologías, brechas e

implicancias para la calidad exportable del arándano. Dicha muestra está conformada por tres especialistas clave para el tema investigado por su experiencia profesional y su participación en proyectos de gran relevancia para la producción agrícola.

Los especialistas en mención son el ingeniero agrónomo Sebastián Lobos, encargado del Control de la Gestión Agrícola del nuevo proyecto de arándanos de la empresa privada chilena Sembrador Capital en Ecuador, la ingeniera agrónoma Paula Vargas, especialista en agricultura digital y representante del Instituto de investigación agropecuaria (INIA) de Chile y el ingeniero agrícola Carlos Torres Martínez quien participó en diferentes proyectos de irrigación en Perú hasta el año 2018. Sus conocimientos y trayectoria en proyectos relacionados con la agricultura sostenible y aplicación de agro tecnologías ofrecieron datos de gran valor para el desarrollo de esta investigación.

Posteriormente, se contactó a los especialistas a través de la red social LinkedIn quienes accedieron a participar en una entrevista por video llamada de cuarenta y cinco minutos cada uno mediante la aplicación Zoom. Previamente, se les envió por correo electrónico la guía de entrevista la cual incluyó la presentación de los objetivos de la investigación, las características del estudio, las especificaciones del tratamiento de la información obtenida, criterios de confidencialidad, siete preguntas generales y quince preguntas específicas relacionadas al Sistema Categorical Apriorístico el cual fue construido a partir de tres elementos pre definidos; Eco eficiencia, Rendimiento productivo y Optimización de tiempos de cosecha.

La interrelación de dichos elementos con los siguientes nueve subelementos sugiere la óptima aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en los cultivos de arándanos con fines de exportación: “Niveles de impacto medioambientales en zonas

productivas”; “Uso eficiente de recursos y reducción de costos”; y “Variabilidad espacial y temporal” para Eco eficiencia, “Monitoreo del rendimiento a través de indicadores”; “Sensores remotos”; y “Análisis de datos” para Rendimiento Productivo, y por último “Precisión en los análisis de datos en tiempo real para tomar decisiones acertadas”; “Detección temprana de problemas en el campo”; y “Planificación y gestión de recursos” para Optimización de Tiempos de Cosecha de las cuales se desglosaron un conjunto de palabras claves o descriptores categoriales que permitieron relacionar los elementos con la información recolectada (Ver anexo 8).

Las entrevistas semiestructuradas fueron grabadas y transcritas por la herramienta Transkriptor al procesador de textos Microsoft Word. Dicha información fue analizada, codificada y categorizada por el software AtlasTI versión web mediante su función integrada Codificación IA, herramienta de análisis de datos cualitativos con inteligencia artificial. Dicha herramienta, a partir de las tres entrevistas, generó cuatro preguntas adaptadas al objetivo general de la investigación y que guardan sentido con las preguntas de la investigación. A cada pregunta se le asignó un código de categoría con el fin de mejorar la elaboración de códigos y citas: “Aplicación tecnológica”, ”Beneficios Tecnológicos”, ”Calidad Exportable”, ”Desafíos de Desarrollo” (Ver anexo 9).

Se crearon códigos de manera automática para dichos códigos de categoría un total de trescientos sesenta y uno, los cuales fueron analizados y sintetizados posteriormente (Ver anexo 10 y 11). Se identificaron códigos demasiados generales o redundantes para eliminarlos de la base de datos por lo que al final se establecieron solo sesenta y cinco códigos como se demuestra en la tabla N°4 (Ver anexo 12). Una vez concluida la revisión inicial de los códigos, se evaluaron las ciento veintidós citas asociadas en cada entrevista y se determinó la relevancia de cada una con el código

respectivo para posteriormente ser renombradas, divididas, fusionadas, movidas o eliminadas lo que resultó en la reducción de citas a noventa y cuatro (Ver anexo 13 y 14).

**Tabla 4**

Agrupación de códigos por código de categoría.

<b>Códigos de Categoría</b>	<b>Códigos</b>
<b>Aplicación Tecnológica</b>	Agricultura Digital; Agricultura de Precisión; Análisis de Muestras Foliare; Anomalías; Control de Plagas y Enfermedades; Estimación de Rendimiento; Fertilización; Modelos de Producción; Monitoreo de niveles Hídricos; Optimización de Recursos; Rendimiento Productivo; Variedades de Fruto; Indicadores de Calidad y Vegetación; Zonificación; Herramientas Digitales; Integración y Análisis de Datos; Digitalización y Automatización de Procesos; Optimización y Control de Cosechas; Optimización y Tecnificación eficiente del Riego; Modelos y Sistemas de Riego; Aplicabilidad y Adaptabilidad Tecnológica; Ausencia Tecnológica de AP; Evaluación de la variabilidad espacial y temporal de predios; Análisis y Detección de Condiciones Edafológicas del Suelo; Manual Agronómico
<b>Beneficios Tecnológicos</b>	Disminución de la Brecha del Conocimiento Tecnológico; Datos Precisos; Diferenciación Internacional; Eficiencia; Óptima Gestión de Recursos e Insumos; Optimización de Procesos Productivos; Productividad; Reducción de Costos; Reducción de Errores; Reducción de Plagas y Enfermedades; Fruta Sin Daño; Sostenibilidad; Tratamientos Pos Cosecha; Trazabilidad; Vida Útil Pos Cosecha
<b>Calidad Exportable</b>	Fruta de Nivel Exportable; Certificaciones; Ingreso a Mercados Exclusivos; Parámetros de Calidad; Vida Útil
<b>Desafíos de Desarrollo</b>	Justificación Económica; Asociación entre productores; Cambio Climático; Condiciones Controladas; Costo-Beneficio; Desigualdad; Disponibilidad de Agua; Exclusión de Pequeños Productores; Limitado; Acceso Tecnológico; Limitado Conocimiento Tecnológico del Productor; Competitividad Productiva; Infraestructura Inadecuada; Pandemia; Planificación de la Cosecha; Problema Social; Asistencia técnica en riego; Limitado conocimiento del agricultor en tratamiento de suelos y riego; Accesibilidad Tecnológica; Pérdida de Agua; Detección de Compuestos Volátiles

*Nota.* Tabla de elaboración propia con información adquirida de AtlasTI

Finalmente, se le asignó un prompt a la función integrada OpenAI, herramienta de análisis de datos cualitativos con inteligencia artificial de AtlasTI, con la finalidad de responder los objetivos de la investigación a partir del análisis de las tres entrevistas codificadas (Ver anexo 15). Esto resultó en la elaboración de una matriz consolidada

inicial (Ver anexo 16) que posteriormente fue mejorada de manera inductiva y aplicada por cada objetivo en los resultados de la investigación considerando la siguiente pauta: “Aplicación tecnológica”, “Beneficios Tecnológicos” y “Desafíos de Desarrollo”, para evaluar el primer y segundo objetivo específico, y “Calidad Exportable”, para evaluar el tercer objetivo específico.

Adicionalmente, las citas codificadas provenientes de las entrevistas fueron categorizadas y sintetizadas en una Matriz Relacional conforme al Sistema Categorical Apriorístico, aplicando los principios de codificación abierta y codificación axial, con el propósito de identificar núcleos temáticos comunes entre los participantes (Sanchez, 2017). Este proceso permitió construir tres mapas mentales, elaborados mediante la aplicación Canva, que ilustran la relación entre las experiencias de los especialistas y los objetivos específicos de la investigación, permitiendo una visualización clara y estructurada de los hallazgos (ver Anexos 17, 18 y 19).

En la ejecución de esta investigación se observó rigurosamente los principios éticos de confidencialidad, responsabilidad, cuidado y respeto, asegurando la protección de los datos e integridad de los participantes. Estos principios se alinean con el enfoque del Tri-Council Policy Statement: Ethical Conduct for Research Involving Humans (TCPS 2, 2022), que enfatiza la responsabilidad de los investigadores para respetar la dignidad, privacidad, autonomía y bienestar de las personas involucradas en investigaciones sociales.

### **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

En el presente capítulo se expondrán los resultados del análisis efectuado por AtlasTI - OpenAI al cumplir con los lineamientos especificados en el prompt. Para el lector será imprescindible tomar en cuenta que la información recolectada en las entrevistas solo responde a la realidad tecnológica actual de Perú, Ecuador y Chile, ya que poseen varias similitudes entre sí, como las condiciones agroclimáticas idóneas para la producción favorable de arándanos, su orientación exportadora hacia mercados

altamente exigentes como UE, EE.UU y Asia, las exigencias de calidad en el producto final y sus avances en agricultura de precisión. Mientras Chile posee un ecosistema de investigación más consolidado (INIA Chile, universidades, centros tecnológicos), en Perú y Ecuador la adopción es más reciente y heterogénea, con una fuerte dependencia de inversiones privadas extranjeras.

Sobre el primer objetivo específico “Describir la realidad de la adopción tecnológica actual de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad.”, en base a las entrevistas realizadas, es importante plasmar la realidad actual de Ecuador, Chile y Perú para luego compararlas con el lugar de estudio. Como se demuestra en la tabla N°5, su adopción en el sector agro varía significativamente y está influenciada por factores económicos, técnicos y de conocimiento. Sin embargo, cada país enfrenta desafíos únicos que limitan la implementación efectiva de estas tecnologías en la producción de arándanos como se muestra en la Figura 1.

En Chile, a comparación de Perú y Ecuador, la adopción de tecnologías de agricultura de precisión se encuentra en fase de desarrollo con oportunidades significativas. Además, el sector público impulsa estrategias orientadas a la agricultura digital al prototipar y validar tecnologías con inteligencia artificial, sensores de humedad y técnicas de espectroscopia para monitorear la calidad de los arándanos y optimizar el uso de agua y fertilizantes. Asimismo, se han creado centros de capacitación y “faros tecnológicos” para que los productores aprendan a integrar herramientas digitales en sus procesos productivos. Sin embargo, aún persisten desafíos relacionados con la necesidad de un mayor trabajo colaborativo entre productores y empresas tecnológicas. También resulta crucial el desarrollo de soluciones accesibles y comprensibles que permitan a

pequeños y medianos agricultores adoptar estas innovaciones sin barreras técnicas ni económicas.

En Ecuador, a comparación de Chile y Perú, la producción agrícola prioriza cultivos en maceta con cobertura plástica para maximizar el control de las condiciones productivas, lo que asegura un buen potencial sin recurrir a tecnologías agroindustriales que no justifican el costo-beneficio y así asegurar un retorno de inversión más rápido. En su lugar, se opta por métodos más accesibles, como controles manuales, mapas geoespaciales para la zonificación de cultivos y la capacitación de cosecheros en la selección de fruta, garantizando así el cumplimiento de los estándares de calidad exigidos por los mercados de exportación.

### **Coincidencias**

- Todos reconocen los beneficios de la aplicación de tecnologías de agricultura de precisión: optimización de la producción, óptima gestión de recursos e insumos, monitoreo continuo, competitividad productiva internacional, trazabilidad de la producción.
- El costo y la justificación económica son la barrera más mencionada en las tres fuentes.
- Necesidad de capacitación tecnológica y del tratamiento de los campos de cultivo, y de soluciones tecnológicas accesibles.

### **Diferencias destacadas**

- **Chile (Ing. Paula, INIA):** enfoque avanzado en I+D, prototipos comerciales (sensores calibrados, NIR, integración en aplicativos), fuertes vínculos entre la

investigación y el productor; mayor presencia de estaciones meteorológicas y ensayos a gran escala.

- **Ecuador/Proyecto (Ing. Sebastián, Proyecto de inversión privado):** proyectos nuevos en etapa inicial; uso de soluciones parciales (macetas, riego automatizado, control de labores), adopción más conservadora por fase de establecimiento y prioridad a alcanzar productividad base.
- **Perú (Ing. Carlos, Proyectos de Irrigación):** problema estructural de infraestructura (riego por gravedad predominante), fuerte desigualdad entre grandes exportadores y pequeños agricultores, necesidad de capacitación al agricultor en tecnologías y administración de cultivos.

**Tabla 5**

Adopción tecnológica en la agricultura de precisión

Categoría	Subcategoría (Código IA)	Cita textual	Interpretación analítica
<b>1. Modelos Productivos de la Agricultura de Precisión</b>	Cultivo en maceta vs suelo; adopción híbrida (manual + automatización).	<p>- Sebastián: “Son cultivos en maceta... ya tenemos plantadas 20 hectáreas de 50.” (Modelos de producción; ausencia de AP en etapa inicial).</p> <p>- Paula: “Agricultura digital... sensores proximales... manejos de riego optimizado, sectorizando los riegos...” (Adopción avanzada en investigación).</p> <p>- Carlos: “El 85% de las áreas irrigadas en el Perú son por gravedad. El 15% es riego tecnificado.” (Adopción muy desigual; predominio de riego tradicional).</p>	Hay adopción parcial y diferenciada: investigación y empresas grandes (Chile) avanzan hacia agricultura digital; proyectos nuevos (Ecuador) usan soluciones parciales; en Perú la tecnificación persiste sólo en grandes empresas.

<b>2.Tecnologías concretas usadas</b>	Sondas humedad, estaciones meteorológicas, NDVI/drones, palas electromagnéticas, espectrómetros/espectro radiómetros, NIR, plataformas digitales.	- Sebastián: “utilizamos sondas de humedad... macetas trampa...” - Paula: “usamos espectro radiómetro... sensor calibrado, ensamblado en aplicación móvil...”  - Carlos: “se usaron los datos de caudales... estudios hidrológicos... estaciones meteorológicas SENAMHI.”	Presencia de tecnologías de diagnóstico y monitoreo, aunque su nivel de integración y uso operativo varía.
---------------------------------------	---	--	--

*Nota.* Tabla de elaboración propia con información adquirida de AtlasTI - OpenAI

Sobre el segundo objetivo específico “Identificar las brechas existentes en la aplicación tecnológica de agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad”, se identificaron desafíos comunes entre Perú, Ecuador y Chile como se demuestra en la tabla N°6, entre los cuales destaca la necesidad de reducir costos en su adquisición, mejorar la capacitación de su adopción y aplicabilidad entre los agricultores y fomentar la cooperación entre ellos. Para reducir dichas brechas se recomienda fomentar la educación sobre el uso de tecnologías, facilitar el acceso a recursos y promover la formación de cooperativas para mejorar la producción y el acceso a mercados (Figura 2).

## Tabla 6

Brechas en la aplicación tecnológica

Categoría	Subcategoría (Código IA)	Cita textual	Interpretación analítica
<b>3.Barrera económica/ costo-beneficio</b>	justificación económica, retorno de inversión, precios de mercado	- Sebastián: “Los costos muy altos... el costo beneficio no se justifican.” - Paula: “estamos tratando de dar soluciones de bajo costo... romper	La percepción del costo es transversal; Chile y Ecuador buscan soluciones de accesibles y

		con el paradigma.”	rentables en el tiempo, Perú muestra déficit de infraestructura tecnológica y riego.
		- Carlos: “Los pequeños y medianos agricultores no tienen nada... infraestructura inadecuada.”	
<b>4.Brecha de capacidades y acceso</b>	Conocimiento técnico del productor, exclusión de pequeños productores, necesidad de faros/centros de capacitación, asociatividad.	- Paula: “la plataforma... entrega mucha información pero el productor no tiene entendimiento de estadística... la plataforma nace y muere.”  - Carlos: “Los pequeños y medianos agricultores no riegan ni fertilizan como debe ser, no saben ni siquiera qué tipo de suelo tienen.”  - Sebastián: “no aplicamos AP... proyecto en etapa inicial.”	Falta capacitación, integración de datos y asociatividad; es condición clave para escalar AP.
<b>5.Limitaciones físicas / ambientales</b>	Cambio climático, disponibilidad de agua, pérdida por suelos arenosos, eventos extremos (lluvias inesperadas).	- Sebastián: “llovió... 300 mm en 4 o 5 días... la lluvia baja el pH del sustrato...”  - Carlos: “la costa es desértica... dispones de agua... en la sierra comienzan a llover...”	Factores ambientales condicionan decisiones tecnológicas y deben considerarse en zonificación.

*Nota.* Tabla de elaboración propia con información adquirida de AtlasTI - OpenAI

Como último punto, sobre el tercer objetivo específico “Conocer cómo se adecua la aplicación tecnológica en el cumplimiento de los estándares de calidad para la exportación”, como se demuestra en la tabla N°7, se puede afirmar que la agricultura de precisión puede mejorar la calidad y eficiencia en la producción de arándanos, pero enfrenta desafíos como la falta de indicadores claros y la desigualdad en el acceso a tecnología. Se sugiere fomentar la capacitación en el uso de tecnologías, establecer estándares de calidad claros para diferentes mercados y promover la colaboración entre productores para mejorar la competitividad (Figura 3).

## Tabla 7

Tecnología y cumplimiento de estándares de calidad exportable

Categoría	Subcategoría (Código IA)	Cita textual (AtlasTI)	Interpretación analítica
<b>6. Parámetros y medición de calidad</b>	Brix, acidez, antocianinas, firmeza, vida útil, NIR, espectrofotometría.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Paula: “La condición y calidad de fruta son variables de firmeza, Brix... usamos espectrografía... seguir la baya hasta el consumidor.”</li> <li>- Sebastián: “Lo que tienen que hacer los técnicos... medir grado brix, proporción de acidez y azúcar.”</li> <li>- Carlos: (implicado) vigilancia de condiciones climáticas y selección de zonas para calidad.</li> </ul>	Existe fuerte interés en sensores no destructivos (espectroscopia, NIR) para definir puntos de corte y optimizar destino de mercado..
<b>7. Trazabilidad, logística y optimización de cosecha</b>	Mapas de cosecha, mapas NDVI para ubicar calidad, plataformas de trazabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Paula: “mapa digital de cosecha... orientar a mis cosecheros... ponerlos en zonas donde tengas buena calidad exportable.”</li> <li>- Sebastián: “plataforma que nos permite control de labores, control de jornadas...”</li> </ul>	La trazabilidad y la optimización logística aparecen como aplicaciones concretas que vinculan la agricultura de precisión con mejores resultados comerciales.
<b>8. Certificaciones y diferenciación internacional</b>	Certificaciones como herramienta de acceso a mercados exclusivos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sebastián: “estamos enfocados en obtener certificaciones... lograr diferenciación en los campos.”</li> <li>- Paula: “clasificar y segregar... identificar donde está la variedad que más importa a Europa.”</li> </ul>	Certificaciones y segmentación por calidad son impulsores de inversión tecnológica cuando el mercado lo recompensa.

*Nota.* Tabla de elaboración propia con información adquirida de AtlasTI - OpenAI

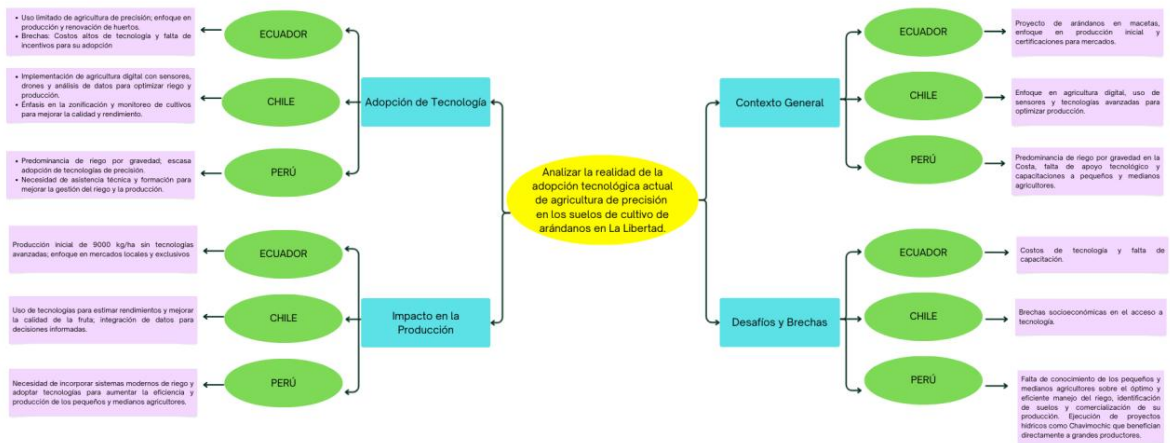
En síntesis, se observa una postura favorable hacia la incorporación de tecnologías de agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en cada país, orientadas a mejorar la eficiencia productiva mediante la reducción de costos de producción, optimización de recursos y monitoreo constante de la calidad del fruto. Estas prácticas no solo fortalecen la trazabilidad de la producción, también contribuyen a la sostenibilidad ambiental al reducir el uso excesivo de agroquímicos. Mientras Chile y Ecuador presentan una realidad compleja y multifacética relacionadas a los costos y la justificación de la inversión tecnológica, en Perú la presencia de brechas significativas limita el pleno

desarrollo del sector agrícola y retrasa tanto la consolidación de la agricultura de precisión como la transición hacia la agricultura digital.

El país enfrenta desafíos relacionados a deficiencias estructurales, desigualdad en el acceso al conocimiento y a las tecnologías, así como también la carencia colaborativa entre los productores y el gobierno del país. En la región de La Libertad, a pesar de los avances del Proyecto Especial Chavimochic, persiste la necesidad de modernizar los sistemas de riego, capacitar a pequeños y medianos agricultores en producción y comercialización, e impulsar cambios organizacionales en la gestión agraria. Un cambio organizacional enfocado en la implementación de tecnologías, reduce las brechas significativas en el acceso a tecnologías de agricultura de precisión, las cuales varían considerablemente según el nivel socioeconómico y cultural de los productores.

### **Figura 1**

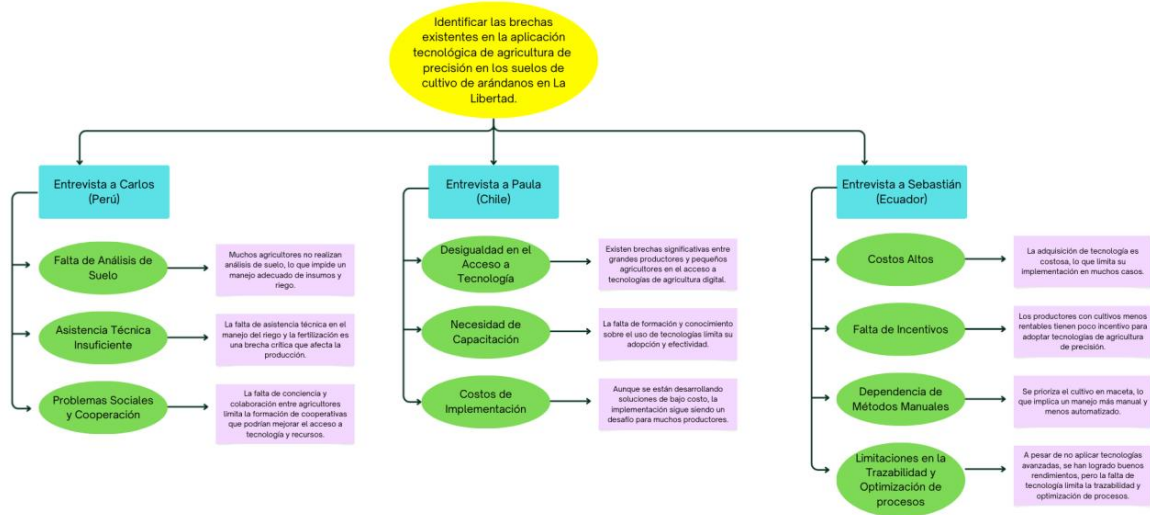
Adopción de tecnologías de agricultura de precisión entre Ecuador, Chile y Perú.



*Nota.* El mapa mental representa la relación del primer objetivo específico de la investigación con la experiencia de los entrevistados. Elaborado con Canva.

**Figura 2**

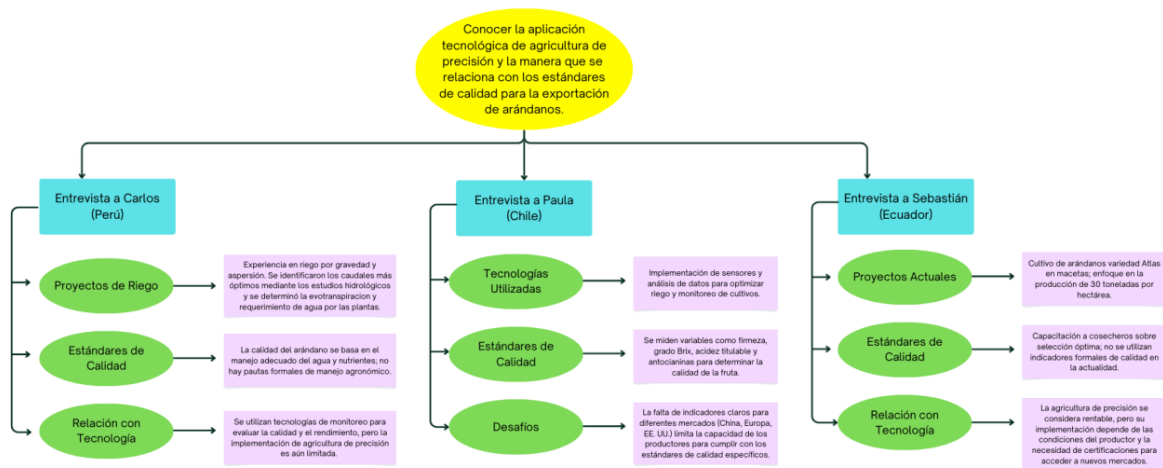
Desafíos comunes entre Perú, Chile y Ecuador sobre la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión.



*Nota.* El mapa mental representa la relación entre el segundo objetivo específico de la investigación con la experiencia de los entrevistados. Elaborado con Canva.

**Figura 3**

La aplicación tecnológica de la agricultura de precisión y los estándares de calidad.



*Nota.* El mapa mental representa la relación entre el tercer objetivo específico de la investigación con la experiencia de los entrevistados. Elaborado con Canva.

**CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Los resultados de la investigación evidencian que la adopción tecnológica de la agricultura de precisión en los cultivos de arándanos en La Libertad presenta similitudes y diferencias con Chile y Ecuador. Si bien los tres países cuentan con condiciones productivas favorables, estas no garantizan por sí solas una competitividad exportadora sostenible debido a brechas sociales, económicas y técnicas. Ante ello, la estrategia común ha sido optar por tecnologías de bajo costo que respondan a las necesidades del agricultor. En Chile destaca un mayor impulso institucional, tanto público como privado, reflejado en los esfuerzos de Sembrador Capital (2025) con la implementación de sistemas avanzados como “Drop Control” y “Ceres Imaging”, que lograron optimizar el riego y la gestión fitosanitaria (Sembrador Capital, 2025).

Asimismo, INIA (2025) confirma el rol de la inteligencia artificial en la predicción de necesidades nutricionales y en la reducción de costos productivos con el desarrollo de AgroNutriScan. Perú se encuentra en una etapa intermedia, con experiencias incipientes de digitalización aún limitado por factores económicos, estructurales y de capacitación que afectan a la región de La Libertad. En conjunto, se observa que mientras Chile avanza hacia una agricultura digital en fase de desarrollo con oportunidades significativas, Ecuador apuesta por la eficiencia con tecnologías accesibles y Perú enfrenta el reto de reducir las brechas de la aplicación tecnológica para garantizar competitividad en el mercado internacional.

De la misma forma, los resultados confirmaron las principales brechas en la aplicación de la agricultura de precisión en La Libertad. Estas giran en torno al alto costo de las tecnologías, la limitada infraestructura hídrica, la falta de capacitación y la escasa cooperación entre agricultores, lo que coincide con problemáticas comunes entre Perú, Ecuador y Chile. En este sentido, experiencias previas como las reportadas por MIDAGRI

(2025) demuestran que el uso de software de análisis espacial aporta a la reducción de insumos, de brechas de información y mejorar la sostenibilidad del medio ambiente a través de mapas de fertilidad de suelos. Asimismo, iniciativas regionales como el SISGER del PECH en La Libertad como las establecidas por el Gobierno del Perú (2025) representan avances concretos en la gestión hídrica al integrar SIG, monitoreo de cultivos y automatización del riego, lo que responde directamente a una de las limitaciones identificadas. En síntesis, estas experiencias demuestran que, aunque las brechas persisten, la aplicación gradual de soluciones digitales accesibles y adaptadas al contexto local puede facilitar la transición hacia una agricultura más eficiente, sostenible y competitiva en los cultivos de arándanos.

Por último, se confirma que la agricultura de precisión representa una vía clave para mejorar la calidad exportable de los arándanos en La Libertad, aunque persisten limitaciones relacionadas con el acceso desigual a tecnologías y la ausencia de indicadores claros de calidad. Esta realidad guarda relación con experiencias como la del INIA (2021) en Lambayeque, donde la aplicación de sensores TDR 150 permitió optimizar el riego y mejorar la eficiencia en el uso del agua, lo que evidencia el valor de las tecnologías compactas y accesibles en contextos locales. De manera similar, casos internacionales como el de Klaassen Farms en Canadá, Hortibiz (2022) muestra cómo la automatización de la cosecha con el “Harvy 500” logra reducir costos laborales y mantener estándares de calidad, aportando sostenibilidad y competitividad. Asimismo, la experiencia en España de Pérez & Gracia (2020) con invernaderos automatizados y visión artificial para la producción de azafrán demuestra el potencial de la inteligencia artificial para garantizar uniformidad y calidad en los cultivos, con posibilidades de adaptación al contexto peruano. En conjunto, estos estudios demuestran que Perú posee una orientación

al uso de tecnologías agrícolas que encaminan a la producción a obtener frutos más homogéneos y con mejor vida pos cosecha, lo que se alinea con las exigencias de mercados internacionales, pero su escalabilidad, financiamiento y la capacitación necesaria para integrarlas en la producción de arándanos se ve focalizada en gran mayoría por los esfuerzos de instituciones privadas.

Las principales limitaciones del presente estudio estuvieron vinculadas a la escasa disponibilidad virtual de artículos científicos y tecnológicos nacionales relacionados con la agricultura de precisión y la agricultura digital, lo que redujo la base de análisis local. Por lo tanto, se tomaron como base de investigación la experiencia de especialistas internacionales, los reportes de sostenibilidad de empresas exportadoras y el manual de manejo agronómico del cultivo en arándanos de Chile. Asimismo, los intentos de contacto con especialistas del sector agrario e ingenieros agrónomos en universidades no fueron fructíferos. Aunque se obtuvo respuesta del Comité de Normalización del Arándano en Perú y de la Subdirección de Investigación y Estudios Especiales (SDIEE), en ambos casos no se concretó una entrevista para los objetivos del estudio, ya que la información ofrecida se limitó a sugerencias vinculadas a normas técnicas o a procesos de normalización lo que evidenció una limitada predisposición institucional para apoyar el acceso a información técnica.

La investigación aporta a la literatura académica información actualizada sobre la situación actual de la agricultura de precisión en el sector agrícola de Perú, Chile y Ecuador, de esta manera fortalece el marco conceptual sobre la transición de la agricultura tradicional hacia la agricultura 4.0. A nivel social, la investigación resalta la importancia de democratizar el acceso a estas tecnologías, reduciendo desigualdades en el sector agrario. Desde un enfoque técnico, la agricultura de precisión tiene implicancias directas

en la eficiencia operativa, la relación entre la optimización de procesos y la justificación de la inversión en su aplicabilidad con el fin de elevar la competitividad internacional del arándano peruano, no garantiza el retorno de la inversión a corto plazo. A pesar de generar la reducción significativa de recursos e incrementar la rentabilidad de las unidades productivas, los hallazgos evidencian que la escalabilidad de estas tecnologías depende de la capacidad de financiamiento del proyecto. Si se promueve la adopción progresiva y adaptada al tamaño del productor, el costo-beneficio resulta favorable y sostenible en el tiempo.

En conclusión, se evidencia que la adopción de tecnologías de agricultura de precisión en La Libertad aún se encuentra en una fase incipiente y desigual. Si bien existen proyectos como Chavimochic que han favorecido la expansión agrícola en la región, los pequeños y medianos productores enfrentan limitaciones para acceder a herramientas como sensores, estaciones meteorológicas o drones. La adopción está más concentrada en empresas agroexportadoras de gran escala, lo que genera una brecha tecnológica que condiciona la competitividad del sector. Para región de La Libertad, Perú será clave priorizar infraestructura de riego, capacitación y soluciones asequibles antes que tecnologías de punta.

Las principales brechas identificadas se relacionan con factores económicos, educativos y estructurales. Entre ellas destacan el alto costo de implementación de tecnologías de precisión, la falta de capacitación técnica para los productores y la limitada infraestructura de riego en zonas rurales. Estas brechas limitan la capacidad del sector para evolucionar hacia una agricultura digital y reducen el potencial de acceso a mercados internacionales altamente exigentes.

La aplicación tecnológica de la agricultura de precisión muestra una tendencia favorable con el cumplimiento de los estándares internacionales de calidad. Las herramientas tecnológicas para efectuar el monitoreo geoespacial en tiempo real, la aplicación eficiente de fertilizantes y el control automatizado de riego permiten obtener frutos homogéneos, con mejor vida pos cosecha y libres de contaminantes críticos para la salud del consumidor, lo que se alinea con las exigencias de mercados como la Unión Europea, Estados Unidos y Asia. Sin embargo, el bajo nivel de adopción tecnológica y de estructura hídrica en La Libertad impide que todos los productores alcancen dichas exigencias, generando un desafío pendiente para consolidar la competitividad del arándano peruano en el comercio internacional.

## REFERENCIAS

AGAP. (2025). *AGAP*. Obtenido de <https://agapperu.org/guia-de-proyectos-de->

sostenibilidad/

- Agricultural Marketing Service, USDA. (s.f). *Agricultural Marketing Service, USDA*.  
Obtenido de <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/blueberries-grade-and-standards>
- Agrotendencia. (11 de febrero de 2022). Agricultura 4.0 - Transformación digital del agro [Archivo de Vídeo]. YouTube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=KPWCp77gIms>
- Aragón Vargas, L. F. (2021). Una buena justificación es imprescindible. *Pensar en Movimiento: revista de ciencias del ejercicio y la salud*, 19(1), 1-4.  
doi:<https://doi.org/10.15517/pensarmov.v19i1.47520>
- Ardiles Vilamonte, R. (02 de Noviembre de 2024). *AGROPERÚ informa*. Obtenido de <https://www.agroperu.pe/la-persistente-pobreza-en-las-zonas-rurales-informe/>
- Blueberries Consulting. (04 de Noviembre de 2016). *Blueberries Consulting*. Obtenido de <https://blueberriesconsulting.com/aprueban-protocolo-para-exportacion-de-arandanos-fresco-de-peru-a-china/>
- CBI. (16 de Junio de 2025). *Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries*. Obtenido de <https://www.cbi.eu/market-information/fresh-fruit-vegetables/buyer-requirements>
- Colaboradores. (06 de agosto de 2019). Las 3 dimensiones de la transformación digital. Recuperado el 04 de junio de 2023, de <https://www.luismaram.com/las-3-dimensiones-de-la-transformacion-digital/>
- Creswell, J., & Poth, C. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4 ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- European Commission. (s.f). *European Commission*. Obtenido de <https://webgate.ec.europa.eu/rosa/#/start/lang/en/product/08104030/origin/PE/destination/NL>
- EY Perú. (01 de enero de 2025). *EY*. Obtenido de

[https://www.ey.com/es\\_pe/insights/revista-execution/tendencias/agro-en-peru](https://www.ey.com/es_pe/insights/revista-execution/tendencias/agro-en-peru)

FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. (s.f). *FAO*. Obtenido de

<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/es/>

Gestión. (29 de diciembre de 2021). ¿Qué son las metodologías ágiles y cuáles son las más usadas? Perú. Recuperado el 05 de junio de 2023, de <https://gestion.pe/tendencias/que-son-las-metodologias-agiles-y-cuales-son-las-mas-usadas-agile-project-design-thinking-productividad-transformacion-digital-nda-nnlt-noticia/>

Gobierno del Perú. (31 de Enero de 2025). *Gobierno del Perú*. Obtenido de

<https://www.gob.pe/institucion/chavimochic/noticias/1084089-chavimochic-lanza-el-primer-aplicativo-movil-en-la-gestion-de-recursos-hidricos-a-nivel-de-proyectos-especiales-de-irrigacion-en-el-peru>

Gobierno Regional Piura. (s.f). *Goobierno del Perú*. Obtenido de

<https://www.gob.pe/institucion/peihap/institucional>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: McGraw Hill Education.

Hortibiz. (09 de Marzo de 2022). *Hortibiz*. Obtenido de

<https://www.hortibiz.com/newsitem/news/agritech-collaborations-the-netherlands-western-canada>

INEI. (14 de marzo de 2023). Indicador de la Actividad Productiva Departamental: IV trimestre 2022. Obtenido de <https://m.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/produccion-nacional-departamenal-9836/1/#lista>

INIA. (28 de agosto de 2025). *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. Obtenido de <https://www.inia.cl/2025/08/28/agronutriscan-el-proyecto-inia-que-incorpora-un-asistente-digital-para-optimizar-la-fertilizacion-en-maiz-y-arandanos/>

INIA PERÚ. (2020). 4° GUÍA DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN AGRARIA.

*MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO*, 14-18. Obtenido de <http://pgc-snia.inia.gob.pe:8080/jspui/bitstream/20.500.12955/1397/1/GU%c3%8dA%20DE%20PROYECTOS%20DE%20INNOVACI%c3%93N%20AGRARIA%20%20NIVEL%20NACIONAL.pdf>

Inia Perú. (09 de septiembre de 2021). Evaluación de la humedad del suelo con el uso del sensor TDR 150 [Archivo de Vídeo] . YouTube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=RT12SLPU7ow&t=3s>

INIA PERU. (28 de noviembre de 2022). Desarrollo de la agricultura de precisión (video). YouTube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=GZT4-mozLzs>

International Trade Center. (s.f). *Trade Map*. Obtenido de <https://www.intracen.org/es/recursos/herramientas/trade-map>

Lazar, L. (02 de Octubre de 2024). *ESAN*. Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/estrategias-de-marketing-b2b-para-asegurar-el-exito-de-las-agroexportaciones#:~:text=Los%20sitios%20web%20y%20las,su%20visibilidad%20y%20ventas%20globales.>

MIDAGRI. (11 de Marzo de 2025). *Gobierno del Perú*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/1123994-midagri-peru-se-consolida-como-primer-exportador-mundial-de-arandanos>

MIDAGRI. (01 de Agosto de 2025). *Gobierno del Perú*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/8307110/112115-brochure-campana-inia-2m-suelos.pdf>

MIDAGRI. (13 de Mayo de 2025). *Gobierno del Perú*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/1166789-midagri-obras-para-majes-siguas-ii-iniciaran-en-los-primeros-meses-del-2026>

MINAGRI. (2023). *Ministerio de Agricultura y Riego*. Recuperado el 03 de junio de 2023, de <https://www.midagri.gob.pe/portal/56-sector-agrario/cuencas-y->

drenaje/387-instituciones-involucradas

Montes Ninaquispe et al. (2024). A Strategy for the Sustainability of Peru's Blueberry Exports: Diversification and Competitiveness. *Sustainability*, 16(15). Obtenido de <https://doi.org/10.3390/su16156606>

Muntané Relat, J. (15 de junio de 2010). Introducción a la investigación básica. *RAPD Online.*, 33(03). Recuperado el 07 de julio de 2023, de <https://www.sapd.es/rapd/2010/33/3/03>

Páez et al. (2022). *Transformación digital en las organizaciones* (Vol. XII). Bogotá, Bogotá, Colombia: Universidad del Rosario.  
doi:<https://doi.org/10.12804/urosario>

Perez, C. V., & Gracia, L. (2020). Computer based production of Saffron (*Crocus sativus* L.): From mechanical. España: ELSEVIER. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169919302686?via%3Dihub>

PROMPERÚ. (22 de julio de 2025). *Exportaciones de arándanos rojos, mirtilos y demás frutos del género Vaccinium, frescos (0810400000)*. Obtenido de <https://exportemos.pe/descubre-oportunidades-de-exportacion/producto/0810400000-0810400000>

Proyecto Especial Chavimochic. (20 de Marzo de 2024). *Gobierno del Perú*. Obtenido de <https://www.gob.pe/58379-proyecto-especial-chavimochic-tercera-etapa>

Proyecto Especial Chavimochic. (s.f). *Proyecto Especial Chavimochic*. Obtenido de <https://www.chavimochic.gob.pe/institucional/>

Rondinel, L. (4 de octubre de 2023). *Conexión ESAN*. Recuperado el 04 de junio de 2023, de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/tecnologia-blockchain-en-la-agricultura-peruana-sembrando-confianza-y-cosechando-transparencia>

Sanchez, F. (13 de agosto de 2017). CATEGORIZACIÓN Y CODIFICACIÓN DE LOS DATOS DE INVESTIGACIÓN [Archivo de Vídeo]. Youtube. Obtenido

de <https://www.youtube.com/watch?v=fGyOVrg5p5o>

Santos Valle, S., & Kienzle, J. (2021). *Agricultura 4.0: Robótica agrícola y equipos automatizados para la producción agrícola sostenible*. Roma: FAO. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1d748bb5-2c0c-4daf-b640-14b6544c3d02/content>

Sembrador Capital. (23 de Mayo de 2025). *Sembrador Capital*. Obtenido de <https://sembradorcapital.com/pdf/Reporte%20de%20Sostenibilidad%20-%20Sembrador%202024.pdf>

TCPS 2. (2022). *Canadian Institutes of Health Research, Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada, & Social Sciences and Humanities Research Council of Canada*. Obtenido de [https://ethics.gc.ca/eng/tcps2-eptc2\\_2022\\_chapter1-chapitre1.html](https://ethics.gc.ca/eng/tcps2-eptc2_2022_chapter1-chapitre1.html)

U.S. Food and Drug Administration. (2024). *Food and Drug Administration*. Obtenido de <https://www.fda.gov/food/food-imports-exports/importing-food-products-united-states>

UNECE. (15 de Marzo de 2024). *United Nations Economic Commission for Europe*. Obtenido de [https://unece.org/sites/default/files/2024-03/FFV-57\\_Berry\\_fruits\\_2023\\_e.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2024-03/FFV-57_Berry_fruits_2023_e.pdf)

Vargas, P., & Best, S. (2019). *Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14001/68862>

## ANEXOS

### ANEXO N° 1 Cuadro de Categorías

---

CATEGORÍA	DEFINICIÓN	ELEMENTOS	SUB ELEMENTOS	ÍTEMS	INSTRUMENTOS
-----------	------------	-----------	---------------	-------	--------------

---

CONCEPTUAL					
AGRICULTURA DE PRECISIÓN	Según Santos Valle & Kienzle (2021), es un concepto de gestión agrícola que se presenta como un apoyo estratégico para optimizar los procesos productivos y el rendimiento de los insumos que resulta en elevar la competitividad exportadora mediante la aplicación de tecnologías agrícolas que permitan la obtención y el análisis de datos en tiempo real para agilizar la toma de decisiones acertadas y así enfrentar la volatilidad del campo.	Eco eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Niveles de impacto medioambientales en zonas productivas.</li> <li>✓ Uso eficiente de recursos y reducción de costos.</li> <li>✓ Variabilidad espacial y temporal.</li> </ul>	1, 2, 3	Guía de Entrevista
		Rendimiento productivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Monitoreo del rendimiento a través de indicadores.</li> <li>✓ Sensores remotos.</li> <li>✓ Análisis de datos</li> </ul>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	Guía de Entrevista
		Optimización de tiempos de cosecha	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Precisión en los análisis de datos en tiempo real para tomar decisiones acertadas.</li> <li>✓ Detección temprana de problemas en el campo.</li> <li>✓ Planificación y gestión de recursos</li> </ul>	13, 14, 15	Guía de Entrevista

## ANEXO N° 2 Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLE	METODOLOGIA
----------	----------	----------	-------------

<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Tipo de investigación:</b>
<p>¿De qué manera se desarrolla la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo para la producción de arándanos de calidad exportable en La Libertad 2025?</p>	<p>Analizar la aplicación tecnológica en la agricultura de precisión en los suelos de cultivo y su desarrollo para la producción de arándanos de calidad exportable en La Libertad 2025</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Básica</li> <li>- Cualitativa</li> <li>- Uni variada</li> <li>- Estudio de Caso</li> <li>- Transversal</li> <li>- Descriptiva</li> </ul>
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<p>Agricultura de precisión en suelos de cultivo</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es la realidad de la adopción tecnológica actual de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad?</li> <li>• ¿Cuáles son las brechas existentes en la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad?</li> <li>• ¿De qué forma se adecua la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en el cumplimiento de los estándares de calidad para la exportación?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Describir la realidad de la adopción tecnológica actual de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad,</li> <li>• Identificar las brechas existentes en la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad</li> <li>• Conocer cómo se adecua la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en el cumplimiento de los estándares de calidad para la exportación.</li> </ul>	

Saludos,

**Parte1:** Presentación del entrevistador y acompañante: Entrevistador Nidia Marlene Neyra Figueroa, 28 años, DNI 74695446, estudiante pregrado en Administración y Negocios Internacionales de la universidad Privada del Norte (UPN) en Lima, Perú con Cod: N00115291.

**Parte2:** Presentación del objetivo de la entrevista: Recolectar información de especialistas con la finalidad de efectuar una correcta investigación sobre la aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo para la producción de arándanos de calidad exportable en La Libertad.

En este sentido, se busca cumplir con los siguientes objetivos: describir la realidad de la adopción tecnológica actual de agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad, identificar las brechas existentes en la aplicación tecnológica de agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad y; finalmente, conocer cómo se adecua la aplicación tecnológica en el cumplimiento de los estándares de calidad para la exportación.

**Parte3:** Presentación de las características de la entrevista: Para cumplir con este fin, se busca realizar una entrevista de aproximadamente 45 minutos a cada representante especialista para responder a las preguntas adjuntas sobre el tema previamente expuesto como las preguntas generales y las preguntas específicas, las cuales han sido agrupadas en tres dimensiones Eco eficiencia, Rendimiento Productivo y Optimización de Tiempos de Cosecha.

**Parte4:** Tratamiento de la información: La información recopilada será utilizada explícita y únicamente con fines educativos.

**Parte5:** Es importante mencionar que puede abandonar la entrevista si así lo considera. Si usted está de acuerdo con lo expuesto, procederemos a iniciar la entrevista.

Ficha de datos demográficos/ preguntas generales

Datos Generales
- Nombre completo, nacionalidad, país, género y edad
- Institución o empresa a la que representa, cargo y tiempo en el puesto.

<b>Preguntas Generales</b>	
¿Qué proyectos realiza la institución o empresa a la que representa relacionados a una óptima producción de arándanos de calidad exportable?	
¿Qué estándares e indicadores de calidad siguen para determinar una producción de arándanos de calidad exportable?	
¿Cuáles son las especies y tipos de arándanos que producen y qué condiciones agroclimáticas necesitan?	
¿La producción se ha priorizado en suelos o en macetas?	
Según su experiencia ¿La agricultura de precisión ha garantizado el uso eficiente de los recursos y el cuidado del medio ambiente durante su aplicación en las zonas de cultivo?	
¿Ha detectado la existencia de brechas durante la aplicación de dicha tecnología que limiten obtener un rendimiento adecuado en la producción de arándanos de calidad exportable?	
¿La aplicación de dicha tecnología ha permitido garantizar la trazabilidad de la producción y reducir los tiempos de cosecha?	

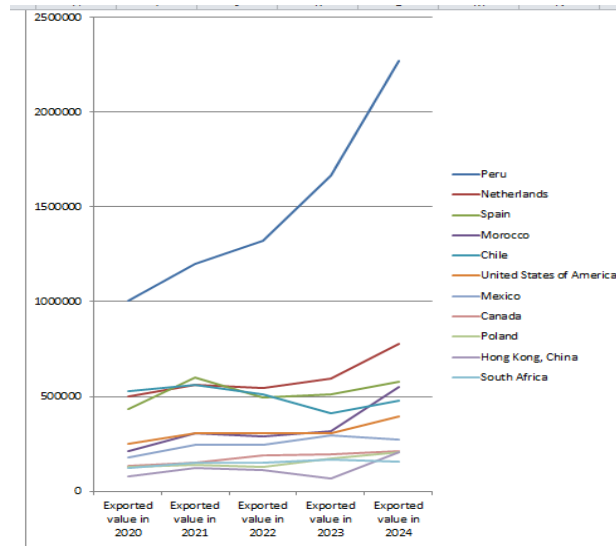
#### Ejes temáticos y preguntas específicas

Dimensiones	Preguntas específicas
<b>Eco eficiencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Se aplica la tecnología de análisis de datos para determinar la variabilidad espacial y temporal según las condiciones específicas del campo causado por distintos factores que producen la heterogeneidad espacial, y la influencia de las condiciones climáticas sobre estos?</li> <li>- ¿Se realiza alguna actividad de monitoreo del estado vegetativo de las plantas asociadas al índice de vigor, actividades fotosintéticas y las condiciones de suelo, hídricas y climáticas?</li> <li>- ¿De qué manera se controla el uso de insumos y los agroquímicos para el cultivo?</li> </ul>
<b>Rendimiento Productivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Se utilizan mapas geoespaciales para determinar la zonificación para el cultivo según el tipo o variedad de arándano requerido para exportación?</li> <li>- ¿Qué tecnologías derivadas de la agricultura de precisión, se utilizan para evaluar las condiciones edafológicas del suelo y la eficiencia del riego?</li> <li>- ¿Se utilizan sensores de humedad para medir la cantidad de agua en el suelo?</li> <li>- ¿Se utilizan drones para tomar información del campo que permita realizar un mapa de proyección datos para indicar el índice de madurez de las bayas de arándano?</li> <li>- ¿Se utilizan Espectrómetros para evaluar la calidad como parte de la fenología del arándano?</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Utilizan tecnologías de imágenes satelitales para evaluar el índice de vigor (NDVI) o índice de vegetación de un cultivo?</li> <li>- ¿Se aplica o se ha evaluado establecer un sistema de monitoreo a través de óptica de espectrometría y tecnológica (OST- SMART) para el control y gestión de la variabilidad espacial de la producción y calidad de arándanos?</li> <li>- En el caso que no se aplique lo citado en la pregunta anterior, ¿cómo se obtiene los valores de grados brix, antocianinas, polifenoles, materia seca, firmeza y acidez titulable para determinar el grado de calidad?</li> <li>- ¿Qué tecnologías se aplican para determinar las características organolépticas de los frutos (contenido adecuado de azúcares, ácidos y compuestos volátiles responsables del aroma característico de los arándanos)?</li> </ul>
<p><b>Optimización de Tiempos de Cosecha</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Existen estaciones meteorológicas que proporcionen información en tiempo real sobre las condiciones climáticas?</li> <li>- En la etapa cosecha, con la finalidad de realizar el monitoreo del cultivo a tiempo real, considerando las variables de producción, podas y la condición de calidad de la fruta; ¿Se utiliza el método de espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR, por sus siglas en inglés)?</li> <li>- ¿Existen en su país sistemas de información que integren tecnologías de la agricultura de precisión y que permitan realizar una trazabilidad de las cosechas y la comercialización?</li> </ul>

ANEXO N° 4

Gráfico N°1: Evolución de las exportaciones mundiales de Arándanos Frescos. Período: 2020 – 2024. USD FOB.

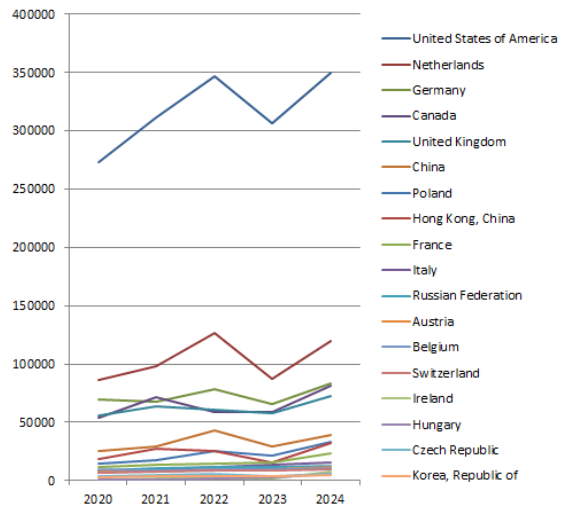


Fuente: Elaboración Propia a partir de datos del TRADEMAP

(<http://www.trademap.org>)

ANEXO N° 5

Gráfico N°2: Evolución de las importaciones mundiales de Arándanos Frescos. Período: 2020 – 2024. En toneladas.



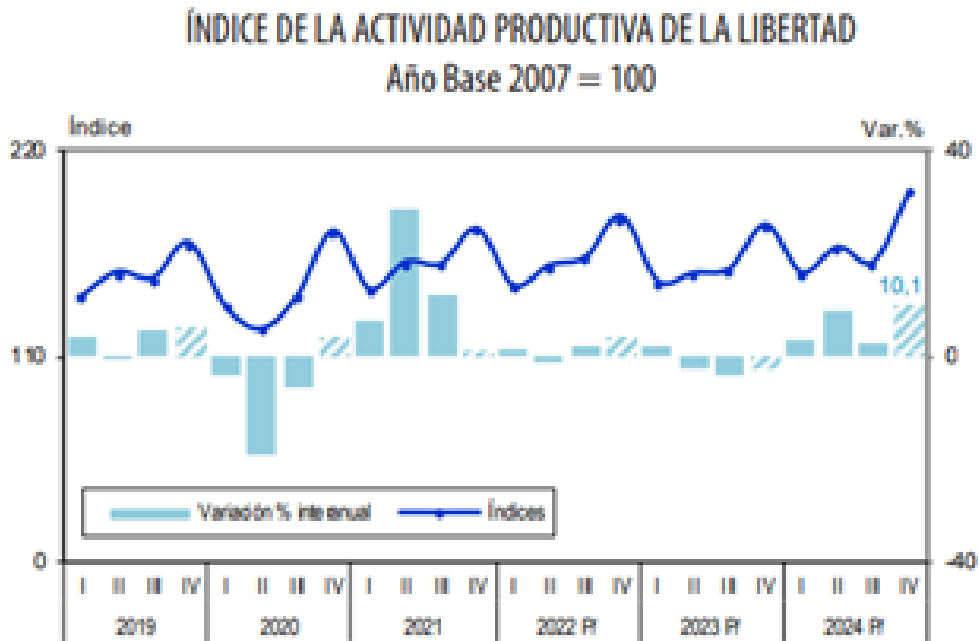
Fuente: Elaboración Propia a partir de datos del TRADEMAP

(<http://www.trademap.org>)

ANEXO N° 6

Gráfico N°3: Indicador de la Actividad Productiva de La Libertad, 2017 – 2025

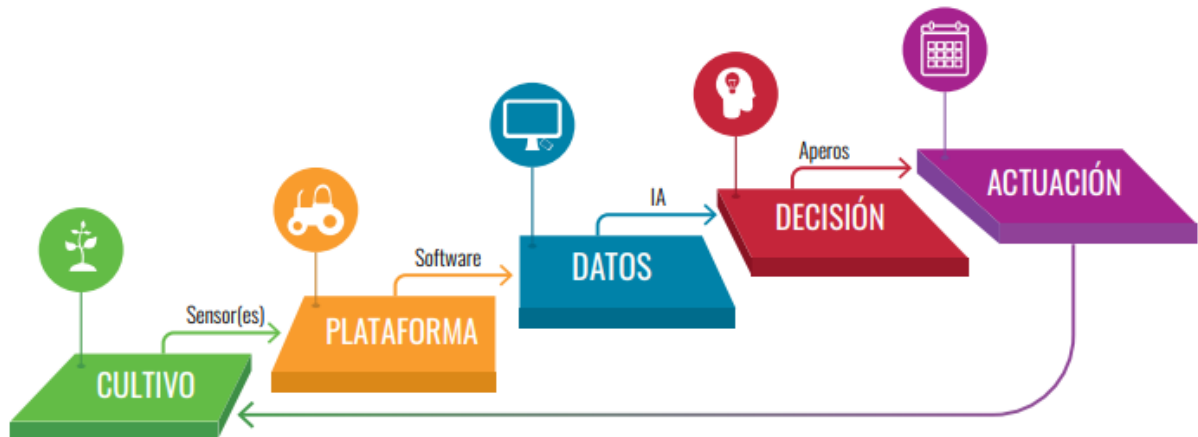
(Variación % respecto a similar período del año anterior)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

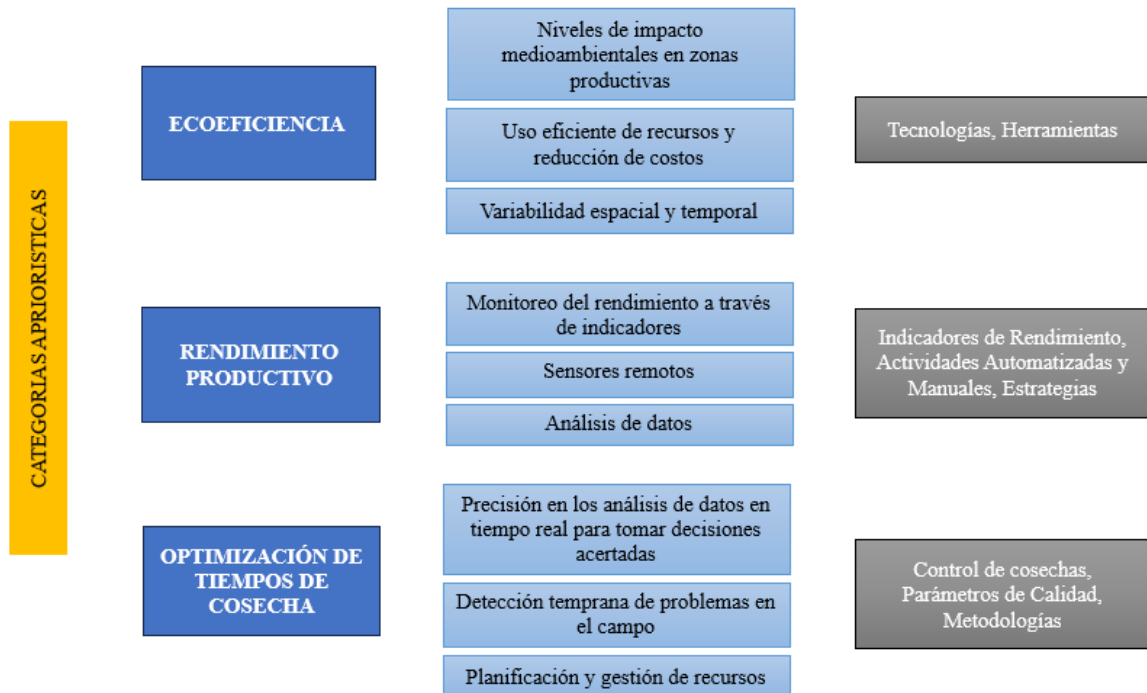
ANEXO N° 7

**Figura 4** Ciclo de gestión basado en la información para la agricultura avanzada



Fuente: Sáiz-Rubio y Rovira-Más (2020)

## ANEXO N° 8 Categorías Apriorísticas



Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO N° 9

**Figura 5** Preguntas y códigos de categoría generadas por AtlasTI - Codificación IA con relación al objetivo general de la investigación

**¿Qué está pasando aquí?**

ATLAS.ti ha generado 4 preguntas adaptadas a su objetivo de investigación inicial. Estas preguntas se utilizarán para extraer información relevante de sus datos en el siguiente paso. A estas preguntas se les asigna un código de categoría que mejorará aún más los resultados de la Codificación de IA. Piense en los códigos de categoría como un "tema" que agrupa varios códigos más específicos. Para más detalles sobre las preguntas relacionadas y los códigos de categoría, explore nuestro Centro de Ayuda.

[Aprender más](#) [Ocultar](#)

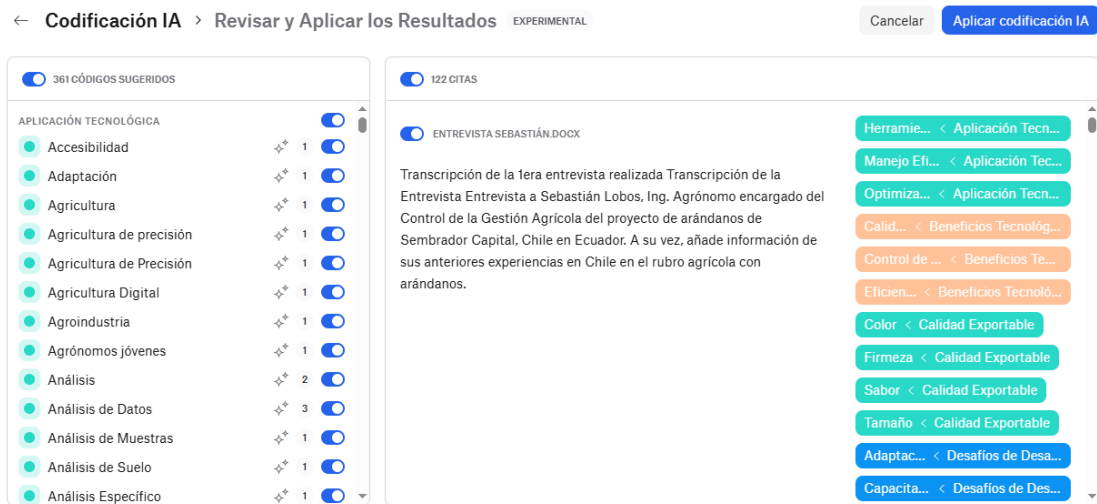
4 PREGUNTAS CATEGORÍA PARA CÓDIGOS AI

<input checked="" type="checkbox"/> ¿Cómo se aplica la tecnología en la agricultura de precisión en suelos de cultivo?	→	Aplicación Tecnológica
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Cuáles son los beneficios del uso de tecnología en la producción de arándanos?	→	Beneficios Tecnológicos
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Qué características definen la calidad exportable de los arándanos producidos?	→	Calidad Exportable
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Cuáles son los desafíos en el desarrollo de la agricultura de precisión para la producción de arándanos?	→	Desafíos de Desarrollo

Fuente: Elaborado en [www.AtlasTI.com](http://www.AtlasTI.com)

ANEXO N° 10

Figura 6 Códigos generados por AtlasTI - Codificación IA en las tres entrevistas



Fuente: Elaborado en [www.AtlasTI.com](http://www.AtlasTI.com)

## ANEXO N° 11

**Figura 7** Cantidad inicial de códigos asociados a los códigos de categoría respectivamente generados por AtlasTI - Codificación IA en las tres entrevistas

Administrador de códigos

<input type="checkbox"/> Nombre			Grupos	Citas
> <input type="checkbox"/> Aplicación Tecnológica	189	●	AI Codes	322
> <input type="checkbox"/> Beneficios Tecnológicos	61	●	AI Codes	109
> <input type="checkbox"/> Calidad Exportable	45	●	AI Codes	74
> <input type="checkbox"/> Desafíos de Desarrollo	66	●	AI Codes	90

Fuente: Elaborado en [www.AtlasTI.com](http://www.AtlasTI.com)

## ANEXO N° 12

**Figura 8** Cantidad final de códigos asociados a los códigos de categoría en las tres entrevistas

**Administrador de códigos**

<input type="checkbox"/> Nombre ...	...	Grupos ...	Citas ...
> <input type="checkbox"/> <b>Aplicación Tecnológica</b>	📍 25 <span style="color: yellow;">●</span>	<input type="button" value="AI Codes"/>	🗨️ 162
> <input type="checkbox"/> <b>Beneficios Tecnológicos</b>	📍 15 <span style="color: orange;">●</span>	<input type="button" value="AI Codes"/>	🗨️ 39
> <input type="checkbox"/> <b>Calidad Exportable</b>	📍 5 <span style="color: teal;">●</span>	<input type="button" value="AI Codes"/>	🗨️ 16
> <input type="checkbox"/> <b>Desafíos de Desarrollo</b>	📍 20 <span style="color: blue;">●</span>	<input type="button" value="AI Codes"/>	🗨️ 53

Fuente: Elaborado en [www.AtlasTI.com](http://www.AtlasTI.com)

ANEXO N° 13

**Figura 9** Cantidad inicial de citas asociada a los códigos de categoría generados por AtlasTI - Codificación IA en las tres entrevistas

<input type="checkbox"/> Nombre ...	Grupos ...	Códigos ...	Citas ...
<input type="checkbox"/> Entrevista Sebastián.docx	Agregar grupo a proyect	148	37
<input type="checkbox"/> Entrevista Carlos Torres.docx	Agregar grupo a proyect	127	47
<input type="checkbox"/> Entrevista Paula V.docx	Agregar grupo a proyect	160	38

Fuente: Elaborado en [www.AtlasTI.com](http://www.AtlasTI.com)

## ANEXO N° 14

**Figura 10** Cantidad final de citas asociada a los códigos de categoría en las tres entrevistas

Administrador de documentos

<input type="checkbox"/> Nombre	Grupos	Códigos	Citas
<input type="checkbox"/> Entrevista Sebastián.docx	<input type="button" value="Agregar grupo a proyect"/>	39	28
<input type="checkbox"/> Entrevista Carlos Torres.docx	<input type="button" value="Agregar grupo a proyect"/>	20	29
<input type="checkbox"/> Entrevista Paula V.docx	<input type="button" value="Agregar grupo a proyect"/>	46	37

Fuente: Elaborado en [www.AtlasTI.com](http://www.AtlasTI.com)

## ANEXO N° 15 Prompt definido para el análisis de AtlasTI - OpenAI

Prompt para IA
<p>Considera los archivos adjuntos "Entrevista Sebastián.docx", "Entrevista Carlos Torres.docx", "Entrevista Paula V.docx" y sus códigos y citas respectivos para responder los objetivos de la investigación. Cabe mencionar que se entrevistó a tres ingenieros agrónomos representantes de Ecuador, Chile y Perú con la finalidad de detectar la situación actual de la agricultura de precisión en dichos países ya que cuentan con similitudes en la producción agrícola de arándanos en Perú para luego responder los objetivos específicos directamente relacionados a la Región de La Libertad.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Título de la investigación: Aplicación tecnológica de la agricultura de precisión en los suelos de cultivo para la producción de arándanos de calidad exportable, la libertad 2025</li><li>• Objetivo General: Analizar la aplicación tecnológica en la agricultura de precisión en los suelos de cultivo y su desarrollo para la producción de arándanos de calidad exportable en La Libertad 2025</li><li>• Objetivos específicos:<ul style="list-style-type: none"><li>- Describir la realidad de la adopción tecnológica actual de agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad.</li><li>- Identificar las brechas existentes en la aplicación tecnológica de agricultura de precisión en los suelos de cultivo de arándanos en La Libertad.</li><li>- Conocer cómo se adecua la aplicación tecnológica en el cumplimiento de los estándares de calidad para la exportación.</li></ul></li></ul> <p>Proporciona una MATRIZ CONSOLIDADA (Categorías → Subcategorías → Citas representativas) si estás en tus facultades de hacerlo o solo bríndame la información ordenada para elaborarlo por mi cuenta. Asegúrate de incluir una evaluación de la calidad de la evidencia y cualquier limitación del estudio.</p>

Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO N° 16 Matriz Consolidada inicial elaborada por AtlasTI - OpenAI

IA Conversacional EXPERIMENTAL

A continuación, se presenta una **MATRIZ CONSOLIDADA** que incluye categorías, subcategorías y citas representativas de las entrevistas realizadas a los ingenieros agrónomos de Ecuador, Chile y Perú. Esta matriz está diseñada para abordar los objetivos específicos de la investigación sobre la agricultura de precisión en la producción de arándanos en La Libertad.

**MATRIZ CONSOLIDADA**

Categoría	Subcategoría	Citas Representativas
<b>Adopción Tecnológica</b>	Proyectos en curso	"He desarrollado proyectos de cultivo de arándanos en Chile... actualmente Sembrador Capital tiene en Ecuador el único proyecto de arándanos que está en nuestro

Fuente: Elaborado en [www.AtlasTI.com](http://www.AtlasTI.com)

ANEXO N° 17

ELEMENTO	SUB ELEMENTOS	TEXTO CODIFICADO		
		CHILE	ECUADOR	PERU
Ecoeficiencia	Niveles de impacto medioambiental es en zonas productivas	-con la tecnología vamos a ser mucho más amigables con el medio ambiente, vamos a hacer diagnósticos mucho más oportunos,	- tener un proyecto en maceta no es garantía de que no te afecten los cambios climáticos a pesar de estar en condiciones un poco más controladas.	-para controlar la lluvia acumulada en la parte alta de las quebradas mediante canales para evitar el derrumbamiento de cerros en la costa se hicieron zanjas de infiltración -implementamos la siembra de pastos nativos donde todavía había semillas.
	Uso eficiente de recursos y reducción de costos	-manejo del riego optimizado, sectorizamos los riegos donde la planta demanda más agua -la agricultura digital ayuda a ser mucho más eficiente y rentable con los fertilizantes, pero lo que utilizamos es la agricultura de precisión	-La ventaja del cultivo en macetas es que de inicio te olvidas de todas las plagas que están a nivel de suelo -La fertilización en macetas se realiza con concentraciones distintas a como se hace por suelo y va de la mano con el riego, dependiendo del volumen del riego es la cantidad de unidades de nutrientes que voy a poner	- En los proyectos de riego a nivel de valle se hacían los canales revestidos para evitar la pérdida del agua - El agricultor sabe echarle nitrógeno, fósforo, potasio, abono de corral y otros micronutrientes por costumbre o la empresa que le abastece de esos productos le indica cómo debe echarlo. Pero lo que no sabe es regar ni qué tipo de suelo tiene.
	Variabilidad temporal y espacial	-Una zonificación de base nos indica un ruteo para saber dónde monitorear, dónde probar el sensor de humedad, descripción del campo mediante el uso de tecnología como imágenes satelitales o drones. -estudios de suelo para ver la calidad de suelo con palas electromagnéticas, son medidores de conductividad eléctrica de suelo. Determinan las características a grandes rasgos, las características químicas, las texturas, te hace un mapeo entre 1m 20 cm y 1m 30cm -la variabilidad nos permitía decir que no todas las plantas respondían en una misma condición del mismo kilaje -utilizamos imágenes satelitales como imágenes por Dron, imágenes térmicas para ver si el riesgo está siendo eficiente	-solo se efectúa un estudio agroclimático óptimo antes del cultivo del arándano con la finalidad de elegir entre las mejores opciones. - se hizo todo un estudio agroclimático de muchos terrenos, 30 años atrás, condiciones de temperaturas, de viento, de radiaciones, de humedades relativas de los lugares, variables como temperaturas promedio, mínimas y máximas, requerimiento de horas frío que tiene cada variedad. Sin embargo, no podemos anticipar situaciones -No se realiza el monitoreo del estado vegetativo	-La situación de calor de cada zona se determina con todos los registros de temperaturas de cada zona, de cada latitud. - para determinar la zonificación en donde establecer los nuevos proyectos de irrigación se tenía que hacer los estudios de pre inversión, el levantamiento topográfico, estudio hidráulico, estudio geológico. - Con el apoyo de la estación meteorológica SENAMHI se usaron los datos de los caudales de los ríos y riachuelos

ANEXO N° 18

ELEMENTO	SUB ELEMENTOS	TEXTO CODIFICADO		
		CHILE	ECUADOR	PERU
RENDIMIENTO PRODUCTIVO	Monitoreo del rendimiento a través de indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>-podemos ver los indicadores de vegetación en el campo</li> <li>- estamos introduciendo sensores proximales que permiten monitorear la planta tanto en contacto y aéreo con drones</li> <li>- con Hortifrut resolvimos la estimación de rendimiento en campo. Con cámaras ópticas se adquieren datos para determinar la temperatura en un predio, demandas de agua, tipos de suelos, compuestos nutricionales. Se elaboran mapas de similitud para identificar las diferencias de la misma variedad en un mismo predio.</li> <li>-utilizamos inteligencia artificial, imágenes de RGB que permitan contabilizar la bayitas eso se le asociaba a una planta esa pregunta estaba dada por una coordenada que estaba dada por una variabilidad espacial que presentaba el predio</li> <li>- corte de la antocianina, indicador que nos muestra la vida útil pos cosecha.</li> <li>- empleamos el sensor espectroradiómetro "Lincuarc Stratio" que lee longitudes de onda para determinar la calidad del fruto, lo ensamblamos en una aplicación móvil ahora está levantado en un servidor y lo podemos llevar a terreno a operar off/on online.</li> <li>- mapa digital de cosecha para saber dónde tengo la mayor calidad o qué punto es el óptimo de corte de mi calidad para dirigir y orientar a mis cosecheros</li> <li>-tenemos el benchmarking que también entra dentro de todo esta población de agricultura digital</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No trabajamos con indicadores por el momento</li> <li>-no tenemos la presión de sobre exigir a las plantas, por un tema de madurez</li> <li>- las aplicaciones son con bomba de espalda o tractores con pulverizadoras, algunas con tecnología electrostática que permite reducir los volúmenes de aplicación y que permite una óptima adherencia al follaje, no hay otros mecanismos para hacer buenas aplicaciones</li> <li>-se realiza el monitoreo en el control de plagas y enfermedades con GPS se puede hacer mapas de calor de incidencia de plagas o enfermedades y dónde hacer aplicaciones</li> <li>-El proceso de fertilización en macetas es automático y con menos errores, se realiza la programación manual y la inyección de los fertilizantes a los estanques teniendo a un especialista en riego.</li> <li>-actualmente no estamos controlando indicadores que nos permitan anticipar cuándo deberíamos cosechar e indicadores de vegetación en arándano.</li> <li>- tenemos una plataforma que nos permite hacer control de labores, jornadas en podas, gasto en cada cuartel y en el desmalezado</li> <li>- para poder iniciar la cosecha para la exportación, los técnicos deben hacer la evaluación técnica, muestreo manual y medir el grado brix, medir la proporción de acidez y azúcar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El sistema de goteo instalado por las grandes empresas obtiene una producción sumamente elevada. Pero el pequeño agricultor y el mediano agricultor no usan nada de eso y por eso el agua se pierde en todos los valles.</li> </ul>
	Sensores remotos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utilizamos sondas de humedad en los campos</li> <li>- es lo primero basado en la zonificación del terreno, la variabilidad espacial dada por imágenes de NDVI o por un satélite o por un dron</li> <li>- sensores de humedad que tienen conexión Wi-Fi que nos permita ayudar a darle peso a esa zonificación y a identificar el problema que está afectando mi nivel productivo.</li> <li>- Los sensores autónomos como la estación meteorológica iButton tienen diferentes sensores que permiten identificar la condición dentro de un predio</li> <li>- entonces si tenemos sensor de humedad tiene que unirse con el sensor de fertilidad porque los 2 hacen que la planta sea mucho más productiva</li> <li>- si, hay drones con diferentes cámaras con diferentes bandas espectrales, hiperspectrales, multispectrales, con RGB que ayudan poco a identificar las anomalías a grandes rasgos entonces hay diferentes.</li> <li>- con este sensor, solo hemos llegado a lo que es grados brix, acidez titulable, firmeza, materia seca, calcio, pero no hemos llegado a nada con compuesto volátiles, con estas variables que ya tenemos podemos resolver problemas de campo</li> <li>- con el sensor georreferenciador, podemos rastrear la variedad que más importa, los estándares de calidad, clasificarlo y segregarlo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-En macetas, el tiempo de riego viene determinada por la humedad relativa que hay y por el porcentaje de agua que consumió la planta.</li> <li>-Las macetas trampa en la plantación, son las que monitoreamos, de acuerdo al agua que están consumiendo, se repone exactamente lo mismo en las demás</li> <li>-Durante la capacitación de los cosecheros, se les da la pauta técnica donde se incluyen los parámetros de calidad: frutas sin pudriciones, sobre madura, fruta verde, en cambio de color de verde a azul</li> <li>-En el proyecto PERAT en Ica, asesore a un agricultor de algodón mediante riego por gravedad y su producción se elevó a 120 toneladas por hectárea</li> <li>- El 85% de las áreas irrigadas en el Perú son por gravedad y deficiente. El 15% es riego tecnificado.</li> <li>- se pierde el 60% de agua porque los agricultores no saben cuánto tiempo regar y en qué cantidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-en el 80% que está siendo regado por gravedad, se tiene que instalar sistemas de riego por gravedad tecnificado o instalar sistemas de riego presurizados.</li> </ul>
	Análisis de datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- los espectrofotómetros, herramientas para evaluar la calidad de la fruta, no destruye la fruta durante la evaluación.</li> <li>- los datos te dicen dónde tú tienes que ir a aplicar azufre después de una lluvia para eliminar las enfermedades fúngicas</li> <li>- estamos en el entendimiento de asociar las Datas, de darle más valor a los componentes de la información, integrar esa información, para que sea mucho más amigable para el usuario</li> <li>- tenemos estaciones meteorológicas a lo largo de todo Chile. A través de INIA, tenemos monitoreado las horas frío, las temperaturas máximas y mínimas, la frecuencia de lluvia acumulada, para poder sacar logísticas de campo y determinar dónde se concentra la mayor población de la variedad "x".</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- para la etapa mas antigua, la que esta con más fruta, es lograr una renovación de material, la rama madre de la planta, que te permita sacar fruta de buena calidad</li> <li>- durante la temporada se hacen análisis de muestras foliares para ir viendo cuál es la concentración de nutrientes que tengo en la hoja y así determinar las correcciones necesarias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tienes que hacer experimentos de infiltración para determinar cuánto se infiltra el agua en un tiempo determinado y prueba de avance y recesión, que consiste en determinar el caudal máximo no erosivo.</li> <li>-el proyecto Sierra Verde se utilizaron planos del instituto geográfico y los conocimientos de representantes comunales que conocían sus pampas y se ejecutaban viveros forestales</li> <li>- hacían el trazado de zanjas de infiltración con aparatos hechos por ellos mismos</li> </ul>

ANEXO N° 19

ELEMENTO	SUB ELEMENTOS	TEXTO CODIFICADO		
		CHILE	ECUADOR	PERÚ
TIEMPO DE COSECHA	Precisión en los análisis de datos en tiempo real para tomar decisiones acertadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tenemos empresas que vienen de afuera pero que son plataformas que se van integrando con nuestros datos en tiempo real que le permitan al productor digerir esa información</li> <li>- se usa el método de espectroscopia NIR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a los cosecheros se les da las pautas antes de cosechar, se les capacita para una óptima selección.</li> <li>- La cosecha se está controlando mediante nuestra plataforma</li> <li>- No aplicamos información en tiempo real por estaciones meteorológicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Acá en el Perú, los pequeños y medianos agricultores no tienen esas cosas, no tienen absolutamente nada.</li> </ul>
	Detección temprana de problemas en el campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>-botrytis y Alternaria que son 2 enfermedades agravantes por cosecha</li> <li>- La radiografía es lo primero que tiene que haber para que nosotros podamos atacar el problema en campo, Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) sin ella es difícil que podamos hacer un buen manejo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- se priorizó el cultivo en maceta con mayor participación en actividades y labores manuales. Este método te permite hacer como un manejo en invernadero donde puedes tener mucho más control de las cosechas</li> </ul>	
	Planificación y gestión de recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los proyectos de arándanos en maceta con cobertura, no es viable.</li> <li>- Existen sistemas de información que integran tecnologías de la agricultura de precisión y que permiten realizar una trazabilidad de las cosechas y la comercialización</li> <li>- tienen un manual de una región específica y está dado por esas condiciones climáticas y todo lo demás pero te mueves 30 km al sur y el cultivo no requiere lo mismo</li> <li>-queremos proyectar proyectos para orientar desde dónde tengo que ir a cosechar, dónde están las mejores calidades y llevar la maquinaria al campo ya como un waste digital para la agricultura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-los incentivos están puestos a lograr la plena producción de las plantaciones tenemos que renovar el huerto cuando haya que hacerlo, mientras eso se mantenga las producciones se deberían mantener altas.</li> <li>- Muchas de las tecnologías ocupadas en el arándano se ven incluso después de la cosecha todos los tratamientos de pos cosecha para alargar la vida de la fruta.</li> <li>- una vez que tengamos volúmenes más altos de producción sin duda van a llegar o sea monitoreo de las plantas, indicadores de vegetación y aéreo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-teniendo el buen manejo del suelo, el buen manejo de nutrientes y el buen manejo del río, vas a tener un buen producto. No había pautas que seguir como un manual de manejo agronómico del cultivo.</li> <li>-en el Ministerio de Pesquería llevamos la hidrología, hicimos estudios hidrológicos para instalarlas piscigranjas.</li> </ul>