



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

Metodología six sigma y su impacto en la calidad del arándano de la Empresa Agrokasa S.A.C. – Supe - 2025

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Autores

Enrique Fabricio Polo Manrique

Elmer Alonso Grados Pacora

Asesor

Dr. Teodorico Jamanca Alberto

Dr. Jamanca Alberto Teodorico
Registro de la Dirección DNU 968
CIP: 25987

Huacho – Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Indicar nombre de la Facultad/Escuela o Escuela de Posgrado

METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Enrique Fabricio Polo Manrique	72471205	20/03/2026
Elmer Alonso Grados Pacora	73706579	20/03/2026
DATOS DEL ASESOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Teodorico Jamanca Alberto	15604418	https://orcid.org/0000-0002-9739-6683
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Manuel Antonio Leon Julca	15643515	https://orcid.org/0000-0002-1918-5223
Henry Marcial Arévalo Flores	15723233	https://orcid.org/0000-0003-2958-9464
Erlo Wilfredo Lino Escobar	15608475	https://orcid.org/0000-0003-4889-6646

Polo Manrique Enrique Fabricio _ Grados Pacora El...

Metodología six sigma y su impacto en la calidad del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe - 2025

- Quick Submit
- Quick Submit
- Unidad de Investigación FIISI-2025

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3446454386

Fecha de entrega

16 dic 2025, 11:06 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

16 dic 2025, 11:16 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS_-_GRADOS_PACORA_y_POLO_MANRIQUE.pdf

Tamaño del archivo

1.7 MB

140 páginas

31.254 palabras

188.805 caracteres



Página 2 de 153 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::1:3446454386

20% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas
- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 17% Fuentes de Internet
- 8% Publicaciones
- 14% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

Dedico este trabajo con profundo respeto y gratitud a mis padres, quienes con esfuerzo, sacrificio y amor incondicional sembraron en mí los valores de la perseverancia y la responsabilidad. A ustedes les debo cada paso que he dado en este camino académico y personal.

Asimismo, dedico esta investigación a todos los agricultores y trabajadores del campo peruano, especialmente a quienes forman parte de la empresa Agrokasa S.A.C., cuya labor diaria enaltece al sector agroindustrial y contribuye al desarrollo del país.

Agradecimiento

Agradezco, en primer lugar, a Dios, fuente de fortaleza y guía constante en cada etapa de mi vida.

Expreso mi más sincero agradecimiento a mis asesores de tesis, cuyos conocimientos, observaciones y orientación fueron fundamentales para el desarrollo riguroso de esta investigación.

A la Universidad Nacional [Nombre de tu universidad], por brindarme la formación profesional y los espacios académicos necesarios para mi crecimiento intelectual.

A los representantes y trabajadores de la empresa Agrokasa S.A.C., por su disposición, colaboración y apertura durante la recolección de información, facilitando el desarrollo práctico de esta investigación.

Finalmente, a mis amigos y familiares, quienes me brindaron su apoyo moral en los momentos más exigentes, demostrando que el acompañamiento emocional es tan importante como el conocimiento técnico en este proceso.

ÍNDICE

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	16
1.2 Formulación del problema	18
1.2.1 Problema general	18
1.2.2 Problemas específicos.....	18
1.3 Objetivos de la investigación	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	18
1.4 Justificación de la investigación	19
1.4.1 Justificación Practica:	19
1.5 Delimitaciones del estudio.....	20
1.5.1 Delimitación Espacial.....	20
1.5.2 Delimitación Temporal.....	20
1.6 Viabilidad del estudio	20
CAPITULO II MARCO TEORICO.....	21
2.1 Antecedentes de la investigación	21
2.1.1 Antecedentes internacionales	21
2.1.2 Investigaciones nacionales	24
2.2 Bases Teóricas	27
2.2.1 Metodología Six sigma.....	27
2.2.2 Calidad del arándano	33
2.3 Bases Filosóficas.....	45
2.3.1 Enfoque Ontológico.....	45
2.3.2 Enfoque Epistemológico.....	45
2.3.3 Enfoque Axiológico.....	46

2.4	Definición de términos básicos	46
2.5	Hipótesis de la investigación	47
2.5.1	Hipótesis general	48
2.5.2	Hipótesis específicas.....	48
2.6	Operacionalización de variables	48
CAPITULO III METODOLOGÍA		50
3.1	Diseño metodológico	50
3.1.1	Tipo de Investigación	50
3.1.2	Nivel de investigación	50
3.1.3	Enfoque.....	50
3.2	Estrategia de procedimiento de contrastación de hipótesis.....	50
3.3	Población y muestra.....	51
3.3.1	Población	51
3.3.2	Muestra	51
3.4	Técnicas de recolección de datos	51
3.5	Técnicas para el procedimiento de la información	51
CAPITULO 4 RESULTADOS		53
4.1	Análisis de resultados	53
4.1.1	Análisis Six sigma	53
a)	Situación actual	53
4.1.2	Primer paso: definir	54
4.1.3	Fase: medir	57
4.1.4	Fase 3: Analizar	64
4.1.5	Fase 4: Mejorar.....	66
d)	Aplicación del 5W2H	68
3.	Matriz de Priorización	69
e)	Diagrama de Flujo Mejorado	70

4.1.6 Fase control.....	71
Estandarización de procesos.....	71
2. Monitoreo y medición.....	72
3. Plan de acción correctiva	73
4. Auditorías de calidad	74
5. Documentación y mejora continua	74
Conclusión	75
1. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)	75
3. Procedimientos Operativos Estandarizados (POE o SOP)	76
4. Checklists o Listas de Verificación	76
5. Hoja de Inspección por Lote	77
6. Ficha Técnica de Etiquetado Automático	77
4.2 Análisis inferencial	78
Contrastación de hipótesis.....	81
Prueba de hipótesis	81
Prueba de hipótesis general	81
Prueba de hipótesis específica 1	82
Prueba de hipótesis específica 1	82
Prueba de hipótesis específica 2	82
Prueba de hipótesis específica 3	83
CAPITULO V DISCUSION	85
CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
6.1 Conclusiones.....	88
6.2 Recomendaciones	89
CAPITULO VII REFERENCIAS	91
7.1 Fuentes bibliográficas	91
Anexos.....	104

Anexo 01: Matriz de consistencia	105
Anexo 02: cuestionario de evaluación sobre implementación de six sigma y calidad del arándano.....	106
Anexo 03: Registro de calidad.....	108
Anexo 04. Cotización de proveedor ficticio: AGROTEC SAC	109
Anexo 05: Análisis de procesos y flujos de trabajo.....	110
Anexo 06: Manual de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)	114
Anexo 07: Pictogramas Visuales.....	116
Anexo 08: POE – Recolección de Arándano.....	118
Anexo 09: Herramienta N.º 4: Manual de funciones específicas por rol (Recolección de arándano)	120
Anexo 10: Herramienta N.º 5: Cronograma Semanal de Recolección por Lotes.....	122
Anexo 11: Herramienta N.º 6: Instructivo de Inspección Visual del Fruto Cosechado	123
Anexo 12: Instructivo de Inspección Visual de Calidad de Arándanos	124
Anexo 13: FORMATO FIC-QA-06	126
Anexo 14: HOJA DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE BPM EN CAMPO	128
Anexo 15: LISTA DE CHEQUEO DE HIGIENE DEL PERSONAL.....	130
Anexo 16: LISTA DE VERIFICACIÓN DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE EQUIPOS Y UTENSILIOS	132
Anexo 17: LISTA DE VERIFICACIÓN DE HIGIENE Y SANIDAD EN LOS SERVICIOS HIGIÉNICOS DEL PERSONAL	134
Anexo 18: LISTA DE VERIFICACIÓN DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE AMBIENTES Y ÁREAS DE TRABAJO	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	48
Tabla 2 Clientes y partes interesadas.....	54
Tabla 3 Diagrama SIPOC	55
Tabla 4 Selección de los CTQs a medir	57
Tabla 5 Indicadores clave	58
Tabla 6 Línea base esperada del proceso.....	59
Tabla 7 Recolección de datos con 10 primeros lotes y la distribución de la merma según los defectos identificados	59
Tabla 8 Rendimiento por defecto	61
Tabla 9 Nivel sigma para los defectos visibles.....	61
Tabla 10 Nivel sigma para el tamaño fuera del rango	62
Tabla 11 Nivel sigma para el sabor no aceptado	63
Tabla 12 Resumen tabulado	63
Tabla 13 Análisis de Pareto para las dimensiones evaluadas	64
Tabla 14 Defecto vs Merma Económica	66
Tabla 15 CTQ y mejoras	66
Tabla 16 Mejora de los indicadores.....	67
Tabla 17 Matriz de priorización	69
Tabla 18 Herramientas aplicadas.....	71
Tabla 19 KPIs definidos (mensual):	72
Tabla 20 Plan de acción correctiva.....	73
Tabla 20 Resultados tras control (3 meses después)	75
Tabla 21 Fiabilidad del instrumento	78
Tabla 22 Prueba de normalidad	79
Tabla 23 Prueba de asociación de hipótesis general.....	81
Tabla 24 Prueba de asociación de hipótesis específica 1	82
Tabla 25 Prueba de asociación de hipótesis específica 2	83
Tabla 26 Prueba de asociación de hipótesis específica 3	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del proceso de calidad del arándano	57
Figura 2. Gráfico de control de merma para 20 lotes	60

Resumen

La presente investigación busca determinar la relación que existe entre la metodología Six Sigma y la calidad del arándano en la empresa Agrokasa S.A.C., Supe – 2025. El objetivo de la investigación fue establecer la influencia de la implementación de la metodología Six Sigma en la calidad del arándano, tomando en cuenta aspectos como el tamaño, la ausencia de defectos visibles y el sabor del fruto. La metodología usada en la investigación fue la siguiente: el tipo de investigación es aplicada, de nivel correlacional, con enfoque cuantitativo, de diseño no experimental – transversal. La población y la muestra estuvo conformada por 50 trabajadores de la empresa Agrokasa S.A.C. Se utilizó como técnica de recolección de datos la encuesta, y el instrumento usado fue el cuestionario, el cual estuvo conformado por 20 ítems representados mediante una escala de Likert. Según los datos recopilados y analizados, se concluye de manera general que existe una relación significativa entre la aplicación de la metodología Six Sigma y la calidad del arándano en la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe, 2025. Los resultados mostrados por el estadístico de correlación Rho de Spearman arrojaron un valor de 0.833, indicando una correlación positiva fuerte, corroborando así la hipótesis alterna. Asimismo, los resultados por dimensiones reflejaron correlaciones significativas: en el tamaño del fruto con $\rho = 0.847$, en la ausencia de defectos visibles con $\rho = 0.717$ y en el sabor con $\rho = 0.831$. Dado que el valor de significancia $p = 0.000$ es menor al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, confirmando que la implementación de la metodología Six Sigma tiene un impacto estadísticamente significativo en la mejora de la calidad del arándano producido por la empresa.

Palabras claves: Six sigma, calidad el arándano, variabilidad del proceso.

Abstract

This research aims to determine the relationship between the Six Sigma methodology and the quality of blueberries at Agrokasa S.A.C., Supe – 2025. The objective of the study was to establish the influence of implementing the Six Sigma methodology on blueberry quality, considering aspects such as fruit size, absence of visible defects, and flavor. The methodology used in the research was as follows: the type of research is applied, correlational level, with a quantitative approach, and a non-experimental – cross-sectional design. The population and sample consisted of 50 workers from Agrokasa S.A.C. Data collection was carried out through a survey, and the instrument used was a questionnaire composed of 20 items represented on a Likert scale. According to the data collected and analyzed, it is concluded in general terms that there is a significant relationship between the application of the Six Sigma methodology and the quality of blueberries at Agrokasa S.A.C. – Supe, 2025. The results shown by the Spearman's Rho correlation statistic reported a value of 0.833, indicating a strong positive correlation, thus corroborating the alternative hypothesis. Likewise, the results by dimensions reflected significant correlations: fruit size with $\rho = 0.847$, absence of visible defects with $\rho = 0.717$, and flavor with $\rho = 0.831$. Since the significance value $p = 0.000$ is less than the established significance level ($\alpha = 0.05$), the null hypothesis is rejected and the alternative hypothesis is accepted, confirming that the implementation of the Six Sigma methodology has a statistically significant impact on improving the quality of blueberries produced by the company.

Keywords: Six Sigma, blueberry quality, process variability.

Introducción

En un contexto global cada vez más competitivo, las empresas agroexportadoras enfrentan el reto constante de garantizar productos de alta calidad que cumplan con los exigentes estándares de los mercados internacionales. El arándano (*Vaccinium corymbosum*), fruto de creciente demanda por sus propiedades nutricionales y su valor en la dieta saludable, se ha convertido en uno de los principales productos de exportación del Perú. No obstante, su proceso de producción y postcosecha requiere de un control riguroso que asegure atributos como el tamaño, la ausencia de defectos y un sabor óptimo, aspectos directamente vinculados a la percepción de calidad del consumidor final.

En este escenario, la metodología Six Sigma se presenta como una herramienta estratégica orientada a la mejora continua de los procesos, a través de la reducción de la variabilidad, el control estadístico y la eliminación sistemática de errores. Originada en el sector industrial, su aplicación en el ámbito agroindustrial ha demostrado ser eficaz para optimizar los procedimientos productivos, asegurar la estandarización y elevar los niveles de calidad. Implementar Six Sigma en empresas agrícolas como Agrokasa S.A.C. no solo responde a una necesidad operativa, sino también a una exigencia del mercado global que prioriza productos consistentes, inocuos y visualmente atractivos.

La presente investigación tiene como objetivo analizar cómo la aplicación de la metodología Six Sigma influye en la calidad del arándano producido por la empresa Agrokasa S.A.C., ubicada en el distrito de Supe. Para ello, se evaluarán dimensiones clave de calidad como el tamaño del fruto, la ausencia de defectos visibles y el sabor, considerando también los estándares internacionales de exportación. Este estudio se justifica en la necesidad de adoptar enfoques técnicos y metodológicos que incrementen la competitividad del producto peruano en los mercados internacionales y contribuyan al fortalecimiento del sector agroexportador.

Asimismo, la investigación permitirá proporcionar información relevante para la toma de decisiones en la gestión de calidad de cultivos de arándano, aportando evidencia empírica sobre la efectividad del enfoque Six Sigma en contextos agrícolas. Este aporte cobra especial relevancia en regiones como Supe, donde la agroindustria es una de las principales actividades económicas, y donde la implementación de metodologías de mejora puede marcar la diferencia en términos de productividad, eficiencia y sostenibilidad.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La presente investigación se enfoca en dos variables principales: la metodología Six Sigma y la calidad del arándano. La metodología Six Sigma es una estrategia de gestión basada en datos que busca la mejora continua mediante la identificación y eliminación de defectos en los procesos, a través de herramientas estadísticas y un enfoque estructurado en cinco fases (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar - DMAIC). Esta metodología ha sido ampliamente utilizada en industrias manufactureras y de servicios, y recientemente ha cobrado relevancia en el sector agroindustrial como herramienta para asegurar altos estándares de calidad.

Por su parte, la calidad del arándano se refiere a un conjunto de características físicas, químicas y sensoriales que determinan su aceptación en el mercado internacional. Entre estos atributos se incluyen el tamaño uniforme, firmeza, color, sabor, contenido de azúcares, y ausencia de defectos o contaminantes. La calidad del fruto está estrechamente relacionada con las prácticas agrícolas, los procesos postcosecha y el control riguroso durante toda la cadena productiva.

En la empresa Agrokasa S.A.C., ubicada en Supe, se ha identificado que, a pesar de contar con infraestructura moderna y experiencia en el cultivo del arándano, existen deficiencias en el control de calidad del producto final. Se reportan inconsistencias en parámetros como la firmeza del fruto, niveles de residuos y uniformidad del calibre, lo que genera un incremento en las devoluciones por parte de clientes internacionales, disminución de ingresos por penalidades contractuales y afectación de la imagen comercial de la empresa. Estas deficiencias evidencian la falta de un enfoque sistemático y basado en datos que permita optimizar los procesos y reducir la variabilidad.

Si la situación actual persiste, la problemática podría agravarse, especialmente considerando el aumento de la competencia internacional y las exigencias normativas de los países importadores. La falta de implementación de herramientas metodológicas como Six Sigma podría traducirse en una mayor tasa de rechazo del producto, pérdida de contratos comerciales estratégicos y una caída en la participación de la empresa en mercados clave.

Además, sin procesos estandarizados de mejora continua, la empresa estaría expuesta a errores recurrentes y una creciente ineficiencia operativa.

En un estudio aplicado en la industria agroalimentaria de México, Márquez et al. (2021) analizaron la implementación de Six Sigma en el proceso de empaquetado de frutas, observando una reducción significativa del 35% en defectos relacionados con calidad. El estudio concluye que la aplicación de Six Sigma permitió estandarizar procesos críticos y mejorar la percepción del cliente final, demostrando su efectividad incluso en contextos agroindustriales donde las variaciones climáticas y biológicas son comunes. (Márquez, A., Hernández, J. & Ortiz, L., 2021).

Investigadores en España aplicaron la metodología Six Sigma en una empresa exportadora de frutas del sur del país, logrando mejorar la calidad del arándano en aspectos clave como la firmeza y el contenido de azúcar, mediante el rediseño de procesos de selección y refrigeración. Los autores concluyen que Six Sigma es adaptable a los sistemas agroindustriales y que su enfoque en el análisis estadístico permite una toma de decisiones más precisa. (Rodríguez, F., & Moreno, M., 2020).

En el contexto peruano, un estudio realizado por Torres (2022) evaluó la aplicación de Six Sigma en una empresa de procesamiento de frutas en La Libertad. Los resultados mostraron una mejora del 28% en los niveles de calidad del producto final y una reducción significativa de los tiempos muertos en la línea de producción. La investigación destacó la viabilidad de implementar herramientas como el análisis causa-raíz y el control estadístico de procesos en el sector agroindustrial. (Torres, J., 2022).

Para revertir la problemática identificada y evitar su permanencia en el tiempo, se plantea como solución la implementación de la metodología Six Sigma dentro de los procesos productivos de Agrokasa S.A.C. Esta intervención permitiría identificar las causas raíz de los defectos en la calidad del arándano, establecer indicadores de desempeño clave (KPI), y aplicar mejoras sostenibles. Asimismo, el enfoque estructurado de Six Sigma garantizaría el monitoreo constante de resultados, reduciendo la variabilidad y estandarizando los procedimientos.

La finalidad de esta investigación es determinar el impacto de la metodología Six Sigma en la mejora de la calidad del arándano en la empresa Agrokasa S.A.C., ubicada en

Supe, durante el año 2025. Se busca proponer una solución práctica y metodológica que permita optimizar los procesos agrícolas y postcosecha, elevar los estándares de calidad del fruto, reducir las devoluciones y reclamos, y fortalecer la posición competitiva de la empresa en el mercado internacional.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera la implementación de la Metodología six sigma impacta en la calidad del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿De qué manera la implementación de la Metodología six sigma impacta en el tamaño del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025?
- ¿De qué manera la implementación de la Metodología six sigma impacta en la ausencia de defectos visibles del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025?
- ¿De qué manera la implementación de la Metodología six sigma impacta en el sabor del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar el impacto de la Metodología six sigma en la calidad del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el impacto de la Metodología six sigma en el tamaño del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025.
- Determinar el impacto de la Metodología six sigma en la ausencia de defectos visibles del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025.

- Determinar el impacto de la Metodología six sigma en el sabor del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación Practica:

La presente investigación se justifica en el ámbito práctico, ya que aborda una problemática real relacionada con la calidad del arándano producido por la empresa Agrokasa S.A.C. La aplicación de la metodología Six Sigma constituye una herramienta eficaz para la mejora continua de procesos y la reducción de defectos, lo cual resulta clave en el contexto agroexportador. En particular, la implementación de esta metodología en los procesos agrícolas y postcosecha puede traducirse en una mejora sustancial en los estándares de calidad del producto, permitiendo cumplir con los exigentes requerimientos de los mercados internacionales. Asimismo, esta investigación ofrece la posibilidad de generar estrategias prácticas de control y mejora de procesos, que optimicen el rendimiento y la productividad del área agrícola, lo cual beneficiará directamente a la competitividad de la empresa.

1.4.2. Justificación Teórica:

Esta investigación se justifica desde el punto de vista teórico, ya que aporta al cuerpo de conocimientos relacionados con la calidad agroindustrial y el uso de herramientas estadísticas aplicadas al sector agrícola. Las variables de estudio —la metodología Six Sigma y la calidad del arándano— han sido desarrolladas en estudios previos en contextos industriales y manufactureros; sin embargo, su aplicación directa al ámbito agrícola y, específicamente, al cultivo y postcosecha del arándano, representa un campo de estudio novedoso y pertinente. La información obtenida en esta investigación estará respaldada por fuentes científicas y estudios de caso, lo que permitirá establecer una base teórica sólida que puede ser empleada como referencia en futuras investigaciones sobre mejora de calidad en productos agroexportables.

1.4.3. Justificación Metodológica:

Metodológicamente, esta investigación se basa en un diseño correlacional con enfoque cuantitativo, respaldado por técnicas validadas de recolección y análisis de datos como encuestas, entrevistas y herramientas estadísticas propias de la metodología Six Sigma. La elección de este enfoque y diseño metodológico ha sido sustentada en literatura especializada y podrá ser replicada en futuras investigaciones que busquen evaluar la efectividad de modelos de calidad en procesos agrícolas. La solidez metodológica permitirá obtener resultados confiables y pertinentes, que contribuyan a la mejora continua de los procesos productivos en la empresa objeto de estudio.

1.5 Delimitaciones del estudio

1.5.1 Delimitación Espacial

La presente investigación se desarrollará en la sede agrícola de la empresa Agrokasa S.A.C., ubicada en el distrito de Supe, provincia de Barranca, departamento de Lima, Perú.

1.5.2 Delimitación Temporal

El estudio se llevará a cabo durante el año 2025, período en el cual se realizará la recolección, análisis de datos y validación de los resultados.

1.6 Viabilidad del estudio

La investigación es viable, ya que se cuenta con el acceso a los campos de cultivo y áreas de procesamiento de la empresa Agrokasa S.A.C., así como con el permiso institucional para aplicar los instrumentos necesarios. Además, se dispone de literatura científica actualizada y bases de datos confiables que sustentarán el marco teórico. También se cuenta con los recursos humanos, materiales, tecnológicos y económicos necesarios para la ejecución del estudio, así como con el tiempo adecuado para su desarrollo.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Hidalgo y Romero (2020) en su artículo original titulado “Seis sigmas como estrategia de mantenimiento en la cosechadora de maíz Massey Ferguson modelo 7252” para la Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Este artículo resume los resultados de un estudio para implementar Six Sigma como estrategia de mantenimiento para el conjunto Massey Ferguson Modelo 7252 y deriva de esta implementación el nivel sigma actual del sistema de transmisión por correa, mecanismo que representa fallas que conducen a una baja disponibilidad de la máquina y del sistema. El contenido del trabajo revela las características del método Six Sigma. Los resultados obtenidos luego de la implementación nos permiten concluir que el valor sigma del sistema de propulsión es de dos a tres σ , que es un nivel que no permite una transmisión de alta calidad de potencia, par y velocidad proporcionada por el motor de combustión interna de la máquina. Se ha intentado desarrollar un ciclo de reparación del subsistema de accionamiento, que incluye dos servicios técnicos. Estos resultados son aplicables a sistemas similares que requieren un alto nivel de seguridad operativa.

Blandón (2021), en su tesis titulada “Estudio de caso: Desarrollo de una metodología (DMAIC o Seis Sigma) para evaluación de mermas de materia prima en la planta de alimentos balanceados de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano” para la Escuela Agrícola Panamericana. La instalación de un sistema de producción de concentrado animal en la Escuela Agrícola Panamericana tiene como objetivo producir alimento completo. Este tipo de empresas deben sobresalir en la mejora continua de la producción, incluido el uso eficiente de los recursos. Teniendo en cuenta todos los aspectos relevantes de la producción y reconociendo que desarrollar un método requiere conocimiento de la visión y los objetivos de producción de la empresa, se analizaron las diversas causas del desperdicio y los métodos utilizados por diferentes empresas para mejorar la eficiencia de sus procesos y aumentar las ganancias. Al medir la contracción, no existe un método establecido que sea 100% confiable, pero usted puede desarrollar el método que mejor se adapte a su proceso de fabricación. El

residuo es la cantidad de producto obtenido de la purificación de un ingrediente útil que no se utiliza directamente en la formulación, aunque puede reutilizarse en otras formulaciones. Para prevenir esto se ha presentado un diseño de método basado en la metodología Six Sigma, que es un método de implementación riguroso que tiene como objetivo aumentar la eficiencia de los procesos a través de la reducción de costos, permitiendo medir y reflejar el control existente en cualquier proceso. Se sabe que cambiar hábitos dentro de una organización es una tarea que depende de un liderazgo fuerte y una planificación minuciosa. En el estudio y posterior propuesta de proyecto se desarrolló una secuencia de trabajo para aplicar el método para mejorar la producción y prevenir pérdidas en la planta de piensos concentrados de Zamorano.

Ortiz (2020) en su tesis titulada “Implementación del modelo Six Sigma como estrategia de mejora en pymes de Latinoamérica” para la Fundación Universidad de América, Argentina. Este artículo resume la literatura sobre la implementación de Six Sigma como una filosofía de gestión orientada a alcanzar mayores niveles de competitividad y productividad empresarial en las pequeñas y medianas empresas de América Latina. El objetivo general es revisar la literatura actual sobre la implementación de Six Sigma como estrategia para mejorar la productividad y competitividad de las PYMES en América Latina. Se utilizaron los siguientes métodos: tipo de método utilizado, método cuantitativo, diseño no experimental, nivel de descripción, mediante revisión de la literatura. La conclusión que se puede extraer de este estudio es: la exitosa implementación de Six Sigma por parte de Motorola y la posterior integración de estrategias en grandes empresas como Allied Signal y General Electric (GE) ayudaron a crear una cultura de innovación desde el principio, lo que incrementó significativamente la competitividad y productividad de las empresas. Además, a medida que ha evolucionado, han surgido herramientas (el ciclo DMAIC) que permiten a las pequeñas empresas participar en este enfoque revolucionario. El rápido crecimiento de las pequeñas y medianas empresas en diversos sectores de la economía nacional ha contribuido significativamente al aumento de la producción y la creación de empleo, especialmente en los países cubiertos por el estudio, lo que se refleja en el deseo continuo de alcanzar mayores niveles de desarrollo empresarial. Esto se logra a través de proyectos de mejora continua que nos permitan alcanzar el nivel de excelencia deseado y sobrevivir al impacto de la globalización. Six Sigma se puede implementar como modelo de gestión empresarial para pequeñas y medianas empresas orientadas al crecimiento. Agregamos que de la literatura publicada a nivel latinoamericano es posible resaltar

beneficios comunes tanto para las grandes como para las pequeñas empresas, admitiendo que no se puede argumentar que el éxito del modelo se refleja sólo en las grandes empresas, a saber: aumento de la confiabilidad de los procesos, aumento de la productividad y satisfacción del cliente, reducción de costos en términos de calidad, retrabajos, ineficiencias, tiempos de ciclo e ineficiencias.

Polanco (2021) en su tesis titulada “Aplicabilidad de la metodología Seis Sigma en proyectos de edificación” para la Universidad de Chile. Este título analiza la aplicabilidad de la metodología Six Sigma en proyectos de construcción a partir de un completo examen bibliográfico para identificar sus principales características, las variables a tener en cuenta, así como las herramientas estadísticas necesarias que se utilizan en las etapas DMAMC, así como el papel de cada una de ellas. Los conocimientos y la experiencia de los expertos en el sector de la construcción también se ponen a prueba mediante encuestas y entrevistas. Se están estudiando posibles usos en un proyecto de ampliación del centro comercial de cuatro plantas y del aparcamiento subterráneo. Se analizaron cuatro proyectos de mejora para dos casos de error de diseño (costo) y dos proyectos de mejora de procesos operativos y de gestión (tiempo). Un caso de estudio de construcción real realizado mediante el método DMAMC y solo hasta la fase de Mejora, teniendo en cuenta el contexto y tiempo requerido para la fase de seguimiento y control. Una de las principales conclusiones es que el método se puede aplicar a proyectos de construcción donde los datos de errores y defectos se registran con precisión y tienen una distribución de probabilidad normal. El método Six Sigma permite reducir costos por mala calidad del proceso constructivo, así como limitar el plazo correspondiente a los procesos de gestión y control operativo. En el contexto de los proyectos de construcción, alcanzar resultados en el nivel Tres Sigma (2.700 defectos por millón) en la industria de la construcción no es suficiente y debe evolucionar hacia un mayor nivel de cumplimiento, es decir, en el nivel Seis Sigma (3,4 defectos por millón).

Sanchez, Chavez et al. (2020) en su artículo científico titulado “Metodología 6 sigma para la optimización de procesos agroindustriales ” para la Revista Espacios. El objetivo del trabajo fue evaluar el uso de la metodología Six Sigma para la optimización de procesos agroindustriales, utilizada en un contexto de investigación para identificar errores en el proceso de envasado de néctares y jugos de frutas, donde se detectaron cambios significativos en el peso del producto final, agravando el nivel de pérdida de calidad para el consumidor y provocando importantes pérdidas económicas. Se utilizó la siguiente

metodología: muestra compuesta por 95 envases de néctar de aluminio, tipo utilizado, método de cuantificación, nivel de descripción. Los resultados obtenidos mostraron que la variación en el peso de los contenedores estaba fuera del control estadístico, mostrando que en los 6 lotes evaluados, el número de contenedores que excedieron el límite superior de control osciló entre 2 y 14 contenedores, el número de contenedores que excedieron el límite inferior de control osciló entre 4 y 10 contenedores. Las desviaciones por exceso u omisión causarán perjuicio a la empresa. Una de las razones del cambio fue un desequilibrio observado en la máquina llenadora. Por lo tanto, se concluyó que el análisis 6 sigma del proceso productivo apoyado en la herramienta DMAMC para la producción de diferentes tipos de néctar en tanques de aluminio de 340 cm³ permitió concluir que se encontraba fuera de control estadístico, observándose que la mayoría de las variaciones en la variable peso estuvieron por debajo de la línea de control inferior. Esto demuestra que la cantidad de dinero que ofrece la empresa no es la adecuada.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Adrianzen (2024) en su tesis titulada “Aplicación de la metodología Seis Sigma para mejorar la productividad en el proceso de azúcar rubia en Agroindustrial Laredo S.A.A.” para la Universidad Nacional de Trujillo. El objetivo del trabajo es utilizar el método Six Sigma para mejorar la productividad del proceso de producción de paneles en Agroindustrial Laredo S.A.A. La metodología de este estudio se basa en una encuesta de producción de panel de septiembre a diciembre de 2019 en nuestra muestra, la cual fue procesada estadísticamente utilizando el software Minitab y PIMS para probar las hipótesis. Los resultados de este estudio se obtuvieron mediante el uso de modelos de gestión como 5W2H, 5 Why, Ishikawa y planes de acción para identificar las causas de fallas y fallos de los equipos y con ello lograr el control de procesos. Así, en el período de septiembre a diciembre de 2019, la producción total de chapa gruesa se registró en 11.322 toneladas. Los datos se analizaron utilizando la herramienta de análisis estadístico Minitab. Además, la producción de paneles aumentó en 4.810 toneladas (16.132 toneladas - 11.322 toneladas) entre enero y abril de 2020, un aumento del 30%. La productividad económica generará beneficios económicos por valor de 1.098.621 dólares en 2020, lo que proporcionará resultados positivos. El aporte de este estudio al conocimiento y literatura de los principios Six Sigma

está relacionado con la influencia de la empresa en sus operaciones para optimizar sus procesos.

Camayo (2022) en su tesis titulada “Metodología lean six sigma para incrementar la productividad en el área de producción de una empresa agroindustrial” para la Universidad Peruana Los Andes, Huancayo. El estudio aborda la siguiente pregunta general: ¿Cómo mejoró Lean Six Sigma la productividad en las operaciones de producción de una empresa de agronegocios? Objetivo general: Determinar cómo el método Lean Six Sigma afecta el aumento de la productividad en el área de producción de las empresas agroindustriales y la hipótesis a considerar: El método Lean Six Sigma tiene un impacto significativo en el aumento de la productividad en el área de producción de las empresas agroindustriales, y al mismo tiempo también se aplica el método científico a nivel no experimental de forma no experimental. La población se formó a partir de la producción de opio en polvo durante un periodo de estudio de 3 meses en una empresa agrícola, el muestreo no fue posible por conveniencia y además incluyó 13 semanas de producción de la empresa, por lo que de acuerdo a la tabla estadística de productividad se puede demostrar que la productividad promedio antes de aplicar el método Lean six sigma es la productividad promedio después de aplicar este método⁴, después de este método sigma. sigma. El método alcanza un valor de 0,9320, siempre que el método Lean Six Sigma tenga un impacto significativo en el aumento de la productividad en el sector productivo de las empresas agroindustriales.

Alejandro (2021) en su tesis titulada “Aplicación de la metodología six sigma para mejorar la productividad en la embotelladora San Miguel del Sur S.A.C – Huaura, 2019.” para la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Lima. Objetivo: Determinar cómo la aplicación Six Sigma mejora la productividad en Embotelladora San Miguel del Sur S.A.C-Huaura 2019. Materiales y métodos: El diseño de investigación fue preexperimental con dos observaciones aplicadas, explicativa y cuantitativa. La población incluye Embotelladora San Miguel del Sur S.A.C. El producto se elabora en la línea número 1. 03. Utilizando base de datos histórica, tabla de observación, programa estadístico Minitab 17 y Excel. Resultados: El uso de la metodología Six Sigma aumentó la productividad del 60,27% a un valor mejorado del 66,60%. Nuestro nivel sigma de investigación antes de la mejora era de -1,95, después de tomar nuestras acciones nuestro nivel sigma de investigación de 3,51 mejoró, dándonos resultados positivos. Nuestras capacidades tecnológicas han mejorado a través de Six Sigma de PP 0,84 a PP 1,33, lo que indica que nuestra fabricación

de productos está al borde de la extinción. Parte del proceso de mejora incluye la introducción de cuadros de control con el objetivo de sostener las mejoras en el tiempo y evitar así la recurrencia de posibles pérdidas. Conclusión: El uso de la metodología Six Sigma ha mejorado la situación de Embotelladora San Miguel del Sur S.A.C.

Garnique (2023) en su tesis titulada “Aplicación de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en el área de arándano en una empresa Agroindustrial, La Libertad 2023” para la Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo. Las empresas agrícolas se encuentran hoy en la cima de su desarrollo, porque la agricultura es la base nutricional de toda la población; Sin embargo, la pérdida económica es enorme. Por ello, en el área de producción de arándanos de la empresa agroindustrial Agrícola Cerro Prieto, La Libertad 2023, se introdujo una meta de mejora de la productividad basada en la metodología Seis Sigma. Se utilizaron métodos cuantitativos, aplicaciones, diseños experimentales, escalas cuasiexperimentales y diseños correlacionales. Para determinar la productividad se utilizaron herramientas de revisión manual de documentos y cuadernos de observación. La muestra incluye índices de rendimiento del segundo semestre de 2022 y el primer semestre de 2023. Los resultados muestran que los principales problemas detectados fueron un manejo inadecuado de la fruta y equipos defectuosos. La productividad laboral en el II Semestre 2022 alcanzó el 86,48% de productividad, reflejando desperdicio de arándanos y herramientas, y las recomendaciones de mejora fueron capacitación en EPP y programas de mantenimiento de equipos y maquinaria. Finalmente se encontró que el rendimiento mejoró hasta el 93,82%.

Rengifo y Galvez (2023) en su tesis titulada “Aplicación de six sigma para aumentar la productividad en el área de producción de Cartolan, Lima, 2022.” para la Universidad San Ignacio de Loyola”, Lima. El propósito de este estudio fue determinar las ganancias de productividad utilizando Six Sigma en la planta de fabricación de Cartolana en Lima en 2022. El tipo de estudio utilizado y su diseño fueron preexperimentales. El conjunto constructivo especializado incluye 432 pedidos, se seleccionó una muestra de 204 pedidos mediante el método de muestreo aleatorio simple. Como métodos de recolección de datos se utilizó el análisis de documentos y la observación directa, y como herramientas hojas de recolección de datos y guías de observación. Los resultados obtenidos en este trabajo muestran un aumento significativo en la productividad, pasando de un valor de 94,36 unidades/hora a un valor de 123,14 unidades/hora (30,50%). De igual forma, el 100% de los

procesos de desarrollo manual están estandarizados, el 100% de cumplimiento de la capacitación y el 93.33% de los empleados están capacitados, el 100% de retención y la tasa de finalización de 5S es del 100%. Además, se ha demostrado que utilizar la metodología Six Sigma es beneficioso para Cartolan ya que la relación beneficio-coste esperada es de 2,70.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Metodología Six sigma

La metodología Six Sigma constituye un enfoque sistemático orientado a la optimización de procesos organizacionales mediante la reducción de la variabilidad inherente a los mismos. Su implementación tiene como propósito central el perfeccionamiento de los procesos operativos, asegurando una mayor uniformidad en los resultados y, en consecuencia, una disminución significativa en la ocurrencia de defectos en los productos o servicios entregados (George et al., 2005).

El núcleo filosófico de esta metodología se articula a través del ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), el cual establece un marco lógico para la gestión de procesos. Bajo esta lógica, se concibe que toda operación posee entradas (inputs) que, al ser modificadas o controladas, determinan directamente las salidas (outputs). El control riguroso de dichas variables de entrada permite, por tanto, ejercer un dominio efectivo sobre los resultados del proceso, garantizando su eficiencia y estabilidad operativa (Pyzdek & Keller, 2014).

a) Antecedentes históricos y fundamento estadístico

Six Sigma fue desarrollado en 1986 por Bill Smith en el seno de la empresa Motorola, como respuesta a la necesidad de mejorar la calidad en los procesos de fabricación. Su denominación se origina en la terminología estadística, donde el término "sigma" representa la desviación estándar de una distribución normal. Así, un proceso que opere bajo el estándar Six Sigma tiene una probabilidad de error de apenas 3,4 defectos por millón de oportunidades, lo que equivale a una tasa de éxito del 99.99966 % (Harry & Schroeder, 2000).

Aunque su origen se vincula estrechamente con el ámbito industrial y la manufactura, su aplicabilidad se ha extendido progresivamente a sectores como los servicios, la gestión administrativa y el desarrollo de software, evidenciando su versatilidad y adaptabilidad intersectorial.

b) Lean Six Sigma: Integración para la eficiencia operacional

La metodología Lean Six Sigma surge como una evolución integradora entre los principios del pensamiento esbelto (Lean Thinking) y los fundamentos estadísticos de Six Sigma. Mientras que Lean se enfoca en la eliminación sistemática de actividades que no generan valor —comúnmente identificadas como desperdicios—, Six Sigma se orienta a la reducción de defectos mediante el control de la variabilidad. La fusión de ambos enfoques promueve un modelo que prioriza la prevención proactiva sobre la detección reactiva de errores, consolidando un sistema robusto para la mejora continua y la excelencia operacional (George, 2002).

c) Los cinco principios fundamentales de la metodología Six Sigma

La metodología Six Sigma se estructura sobre cinco principios esenciales, cuya aplicación rigurosa permite optimizar los procesos organizacionales y aumentar la satisfacción del cliente.

1. Enfoque centrado en el cliente

El eje principal de Six Sigma consiste en maximizar el valor percibido por el cliente. Para ello, resulta imprescindible identificar con precisión el perfil del consumidor, sus necesidades específicas y los factores que determinan su decisión de compra. Esta lógica resulta particularmente eficaz en entornos de ingresos recurrentes, como el de las empresas de software como servicio (SaaS), donde la retención del usuario representa un objetivo estratégico. Comprender las expectativas del cliente respecto a la calidad del producto o servicio posibilita establecer parámetros objetivos de referencia para la producción, los cuales deben igualar o superar dicho umbral de aceptación.

2. Uso sistemático de datos para identificar variaciones en el proceso

La mejora de procesos exige una representación detallada de todas las etapas de la producción actual, acompañada de un análisis empírico de los datos generados. Esta evaluación permite detectar posibles ineficiencias o puntos críticos que obstaculicen el flujo

operacional. Por ejemplo, una deficiente gestión de la información compartida entre equipos puede generar redundancias o retrasos evitables. Implementar una base centralizada de documentación actualizada contribuye a reducir los tiempos improductivos. La identificación de indicadores clave puede iniciarse mediante el análisis retrospectivo: partiendo del objetivo final, se descompone el proceso hacia atrás para examinar la duración y el aporte de cada actividad.

3. Compromiso con la mejora continua

Un principio rector en Six Sigma es la eliminación de aquellas actividades que no añaden valor desde la perspectiva del cliente o del equipo de trabajo. Para ello, herramientas como el mapa de flujo de valor permiten visualizar cuellos de botella y procesos ineficientes. Esta filosofía se enmarca dentro del enfoque Kaizen, el cual sostiene que las pequeñas mejoras sistemáticas conducen, con el tiempo, a transformaciones significativas y sostenibles. El progreso incremental se convierte así en una estrategia efectiva para alcanzar niveles superiores de eficiencia operativa.

4. Participación integral del equipo de trabajo

Six Sigma promueve una cultura organizacional colaborativa, en la cual todos los miembros del equipo son agentes activos del cambio. Para ello, se requiere una formación adecuada en los principios y herramientas de esta metodología, con el fin de evitar que los esfuerzos de mejora deriven en consecuencias contraproducentes. La inclusión de equipos interdisciplinarios permite obtener una visión sistémica del proceso, ya que cada área funcional puede experimentar el impacto de las mejoras desde una perspectiva distinta. Este enfoque participativo facilita la alineación de objetivos y fomenta una toma de decisiones más informada y efectiva.

5. Fomento de un entorno organizacional adaptable

La adaptabilidad constituye un pilar esencial de Six Sigma. La búsqueda constante de mejoras requiere que los procesos sean lo suficientemente flexibles como para ajustarse sin dificultad a los cambios del entorno o a las exigencias del cliente. Una estrategia eficaz para promover esta flexibilidad es la descomposición de los procesos en fases o unidades funcionales. De este modo, si se detecta una deficiencia en una etapa específica, se puede intervenir de forma puntual, sin necesidad de reestructurar todo el sistema. Esta lógica modular favorece una gestión más ágil y menos costosa de la calidad.

d) Principales metodologías empleadas en Six Sigma: DMAIC y DMADV

La aplicación de la metodología Six Sigma se estructura, principalmente, en torno a dos enfoques operativos diferenciados, seleccionados en función de la naturaleza del proceso a intervenir. En contextos donde los procesos ya se encuentran establecidos y requieren optimización, se recurre al modelo DMAIC; mientras que en escenarios donde los procesos aún no han sido diseñados o estandarizados, se implementa el enfoque DMADV, orientado a la creación estructurada de nuevos procesos bajo estándares de calidad elevados.

e) El modelo DMAIC

El acrónimo DMAIC, que proviene del inglés Define, Measure, Analyze, Improve, Control, describe una secuencia metodológica destinada a la mejora progresiva de procesos existentes. Cada una de sus etapas cumple una función precisa dentro del ciclo de calidad:

- **Definir:** En esta primera fase se delimitan con claridad los objetivos del proyecto, considerando tanto las metas organizacionales como las expectativas del cliente. Se identifican los requisitos fundamentales del usuario final y se establece el marco operativo del sistema que se pretende perfeccionar.
- **Medir:** Se recogen datos relevantes sobre el estado actual del proceso, determinando variables clave de desempeño. Esta información proporciona la línea base desde la cual se evaluará el impacto de las acciones correctivas o de mejora.
- **Analizar:** Esta etapa implica una exploración rigurosa de las causas raíz de las ineficiencias detectadas. A través de técnicas estadísticas y análisis causa-efecto, se identifican los factores que generan variabilidad o errores dentro del proceso.
- **Mejorar:** Con base en los hallazgos del análisis previo, se diseñan e implementan soluciones específicas. Estas mejoras suelen probarse inicialmente en entornos controlados para validar su efectividad antes de su integración definitiva al flujo de trabajo operativo.

- **Controlar:** Finalmente, se establecen mecanismos de monitoreo y control continuo para asegurar que los cambios introducidos se mantengan dentro de los parámetros óptimos definidos. El uso de herramientas de control estadístico es común en esta fase, con el fin de prevenir la regresión del proceso a estados anteriores menos eficientes.

f) Ejemplo aplicado del ciclo DMAIC

Considérese el caso de una empresa tecnológica que experimenta un aumento inusual en su tasa de cancelación de clientes. Para abordar esta situación, se implementa el modelo DMAIC:

- **Definición:** Se observa un incremento en la tasa de abandono del 3% al 7% en seis meses.
- **Medición:** Se advierte una carencia de datos post-adquisición de clientes, por lo que se recopila información sobre su comportamiento tras la compra.
- **Análisis:** Se identifica que los nuevos usuarios enfrentan dificultades al interactuar con la nueva interfaz del producto.
- **Mejora:** Se rediseña el proceso de incorporación, ofreciendo asistencia personalizada y capacitaciones por parte del equipo de soporte.
- **Control:** Tras la implementación, se monitorean los resultados y se constata una reducción gradual de la tasa de abandono, consolidando los cambios aplicados como parte del sistema regular.

g) El modelo DMADV

En situaciones donde se requiere el desarrollo de un proceso desde cero, el enfoque DMADV —acrónimo de Define, Measure, Analyze, Design, Verify— representa la

alternativa más apropiada. Este modelo, también conocido como Diseño para Six Sigma (DFSS), enfatiza la calidad desde la génesis del proceso.

- Definir: Se establecen los objetivos del proceso en función de las metas corporativas y las necesidades del cliente objetivo.
- Medir: Se identifican los elementos CTQ (Critical to Quality), es decir, aquellos atributos que el cliente considera esenciales para valorar el producto como de alta calidad.
- Analizar: Se generan y evalúan múltiples alternativas de diseño, considerando sus fortalezas, debilidades y viabilidad operativa.
- Diseñar: Se desarrolla el diseño más adecuado según el análisis previo, integrando criterios de eficiencia, funcionalidad y calidad.
- Verificar: Se realizan pruebas piloto para validar el desempeño del nuevo proceso, evaluando su comportamiento en condiciones reales antes de su integración definitiva.

Posteriormente, si el proceso requiere ajustes menores o mejora de desempeño, se puede aplicar el ciclo DMAIC para su perfeccionamiento continuo.

g) Sistema de niveles en Six Sigma: Clasificación por cinturones

La formación en Six Sigma se estructura de manera progresiva mediante un sistema de “cinturones”, similar al que se emplea en disciplinas marciales, donde cada nivel representa un grado de especialización en la metodología:

- Cinturón blanco: Nivel introductorio. Comprende conocimientos básicos sin requerir formación formal. Participa en iniciativas de mejora bajo supervisión.
- Cinturón amarillo: Incluye capacitación formal básica. Colabora en análisis y resolución de problemas junto a profesionales de mayor jerarquía.

- Cinturón verde: Permite diseñar e implementar estrategias propias de mejora de procesos dentro de proyectos de complejidad moderada.
- Cinturón negro: Representa un nivel avanzado de dominio metodológico. Habilita al profesional para liderar proyectos complejos, realizar diagnósticos integrales y gestionar transformaciones organizacionales de gran escala.

El acceso a estos niveles suele requerir la aprobación de cursos de certificación especializados, los cuales no están unificados a nivel internacional, pero ofrecen marcos sólidos para la aplicación efectiva de Six Sigma en contextos laborales diversos.

2.2.2 Calidad del arándano

Frente a las exigencias cada vez más estrictas de los mercados internacionales, asegurar la calidad del arándano fresco desde el momento de la cosecha hasta su destino final se ha convertido en un objetivo prioritario para los países exportadores. La firmeza del fruto representa uno de los atributos más complejos de preservar a lo largo de la cadena logística, dado que está condicionada por múltiples factores de origen fisiológico, genético y tecnológico. Como se indicó previamente, la textura del arándano está directamente influenciada por variables como la variedad cultivada, el punto de madurez al momento de la cosecha, el manejo nutricional del cultivo —en especial la relación carbono/nitrógeno (C/N)—, el grado de deshidratación del fruto, y el tiempo de almacenamiento y transporte. La interacción sinérgica de estos elementos define la resistencia del fruto al daño físico, su capacidad para mantener una estructura celular íntegra y, en consecuencia, su aceptación por parte del consumidor.

A este panorama se suma la creciente demanda de mercados lejanos, tales como Europa y Asia, lo cual impone la necesidad de mantener la calidad del producto por periodos prolongados sin comprometer sus características sensoriales ni nutricionales. Como respuesta, la industria ha adoptado diversas tecnologías de conservación postcosecha que, si bien buscan prolongar la vida útil del arándano, también pueden afectar negativamente atributos clave como la textura. Entre estas tecnologías destacan el uso de atmósferas modificadas y controladas, cuyo objetivo es reducir la tasa respiratoria y la senescencia del

fruto; no obstante, su eficacia depende del manejo adecuado de variables como temperatura, concentración de gases y duración del tratamiento. Asimismo, se emplean fumigaciones con fines cuarentenarios que, si no se aplican con precisión, pueden inducir daños celulares o acelerar procesos de degradación.

En este contexto, la industria del arándano se enfrenta al desafío de equilibrar la implementación de tecnologías de conservación con la necesidad de preservar los estándares de calidad visual y organoléptica que demanda el consumidor global. Ello requiere una gestión integral del proceso productivo y logístico, donde cada etapa —desde la selección varietal y la cosecha hasta el almacenamiento y distribución— debe ser cuidadosamente planificada y ejecutada con criterios técnicos que aseguren la inocuidad, frescura y consistencia del producto final.

a) Índice de madurez

El índice de madurez constituye una herramienta fundamental para determinar el momento óptimo de cosecha de los frutos, especialmente en cultivos con alta demanda en los mercados internacionales como el arándano. Estos índices permiten no solo establecer con precisión el punto en el que el fruto alcanza su máxima calidad organoléptica y visual, sino también prever su comportamiento en la cadena de postcosecha y su capacidad de resistir los procesos de almacenamiento, transporte y comercialización.

Un índice de madurez, en términos científicos, debe cumplir con ciertas condiciones: en primer lugar, debe ser medible y cuantificable, es decir, debe ofrecer datos objetivos que reflejen con precisión el estado fisiológico del fruto. En segundo lugar, debe exhibir una variación significativa durante el proceso de maduración, lo que permite trazar con claridad su evolución desde estados inmaduros hasta la madurez comercial. Por último, estos índices deben ser reproducibles y consistentes entre zonas productoras y ciclos agrícolas, de manera que puedan ser aplicados en distintos contextos geográficos y bajo diferentes condiciones agronómicas (Kader, 2002).

En el caso del arándano, los índices más utilizados para evaluar la madurez y, por tanto, determinar el momento de cosecha, incluyen el color del fruto, la firmeza, el contenido de sólidos solubles totales (°Brix) y la acidez titulable. Estos factores han sido validados por diversos estudios como predictivos de la calidad sensorial del fruto y de su comportamiento

postcosecha (Vicente et al., 2014). El color, por ejemplo, suele ser uno de los indicadores más accesibles y visibles, permitiendo al cosechador evaluar visualmente si la baya ha alcanzado el característico tono azul uniforme. No obstante, es importante señalar que el color por sí solo puede inducir a error si no se considera en conjunto con otros parámetros, ya que algunos frutos pueden presentar una coloración adecuada sin haber alcanzado un contenido óptimo de azúcares o la firmeza requerida.

La firmeza del fruto representa un atributo clave, dado que está directamente relacionada con su capacidad de resistir el transporte y el manejo postcosecha. Una fruta con firmeza adecuada no solo proyecta frescura, sino que también disminuye el riesgo de daño mecánico y podredumbre durante el almacenamiento prolongado, sobre todo en mercados lejanos como Asia y Europa. Por otra parte, el contenido de sólidos solubles totales, generalmente medido en grados Brix, constituye una estimación indirecta del contenido de azúcares, y se asocia estrechamente con la dulzura del fruto, un componente esencial de la calidad organoléptica.

De igual manera, la acidez titulable desempeña un papel fundamental en la percepción del sabor del arándano. La interacción entre la acidez y el contenido de azúcares determina el equilibrio gustativo del fruto, siendo este un factor decisivo para la aceptación por parte del consumidor. En muchos casos, incluso pequeñas variaciones en la acidez pueden modificar sustancialmente la percepción sensorial del producto final.

Cabe destacar que, a diferencia de otras especies frutales como la uva de mesa, el mango o la manzana, donde las variedades muestran diferencias morfológicas y fisicoquímicas notables, en el arándano las diferencias varietales son más sutiles, lo que dificulta la estandarización de índices de madurez específicos por variedad. Esta situación ha llevado a que, tradicionalmente, se apliquen los mismos criterios de madurez para diversas variedades, lo cual puede no ser adecuado dado que existen diferencias significativas en términos de vida útil y respuesta a tratamientos postcosecha entre ellas.

Por esta razón, se vuelve imperativo avanzar hacia la identificación de atributos varietales específicos o, en su defecto, a la caracterización de interacciones entre atributos fisiológicos y condiciones agronómicas, que permitan establecer parámetros más precisos y predictivos tanto del momento óptimo de cosecha como del potencial de vida útil del fruto.

Ello no solo contribuiría a optimizar los procesos productivos, sino que además permitiría mejorar la competitividad de la fruta peruana y sudamericana en los mercados internacionales.

En las siguientes secciones de este capítulo se abordarán con mayor profundidad los principales índices de madurez actualmente utilizados en arándano, así como los avances más recientes en la búsqueda de indicadores fisiológicos y bioquímicos que permitan una estimación más confiable de la vida útil postcosecha, un aspecto crucial en un contexto de creciente internacionalización y exigencia de calidad en los mercados globales.

b) Color de la epidermis

La modificación cromática de la epidermis, asociada al proceso de maduración fisiológica, constituye un criterio ampliamente aceptado para evaluar el estado de madurez de los frutos. En este contexto, las antocianinas —una subclase de compuestos fenólicos— desempeñan un papel crucial como indicadores visuales, ya que se acumulan mayoritariamente en la piel y, en algunos casos, en la pulpa de diversos frutos. Por ejemplo, especies como la manzana presentan una única antocianidina predominante (cianidina), mientras que frutas como la uva y los arándanos poseen combinaciones complejas de hasta cinco de las seis antocianidinas más comunes (Vargas et al., 2002).

La concentración y distribución de estos pigmentos en la epidermis determinan el color del fruto, actuando como referencia visual durante su desarrollo. En condiciones de campo, la evaluación del color suele realizarse mediante tablas cromáticas comparativas, aunque también existen instrumentos como los colorímetros, que permiten un análisis más preciso. Sin embargo, estos últimos presentan limitaciones operativas debido a su alto costo y a su escasa capacidad para representar de manera integral la heterogeneidad del color en la superficie del fruto, razón por la cual su uso se restringe a laboratorios especializados. En contraste, en plantas procesadoras o centros de empaque se han implementado tecnologías que posibilitan una clasificación automatizada de grandes volúmenes de fruta en función del grado de cobertura del color.

No obstante, un desafío técnico persiste: una vez que el fruto alcanza una cobertura total de color azul, es decir, el 100%, resulta prácticamente imposible, mediante observación visual, distinguir entre aquellos que acaban de adquirir dicha coloración y aquellos que han

permanecido varios días más en la planta. Esta situación puede inducir a una recolección de frutos sobremaduros, los cuales presentan modificaciones bioquímicas internas, tales como un incremento en los sólidos solubles totales y alteraciones en la textura de la pulpa (Moggia et al., 2016).

Es fundamental considerar que las distintas variedades de arándano presentan patrones diferenciados en cuanto a la evolución visual de la pulpa durante la maduración, lo que justifica el desarrollo de escalas específicas por variedad o grupo varietal. Por lo tanto, el color externo solo constituye un indicador confiable de madurez hasta el momento en que se alcanza la cobertura azul completa. A partir de ese punto, la estimación del grado de maduración requiere métodos más sofisticados.

En esta línea, actualmente se están explorando alternativas tecnológicas que permitan la evaluación no destructiva de la evolución pigmentaria posterior a la cobertura azul. Investigadores del Departamento de Agricultura de Precisión del INIA Quilamapu están desarrollando una técnica basada en la correlación entre el estado de maduración de la fruta y la concentración de antocianinas. Para ello, se ha implementado un modelo predictivo que emplea espectroscopía de radiación visible e infrarrojo cercano (Vis-NIR) para estimar el contenido interno de antocianinas.

Desde el punto de vista técnico, la espectroscopía NIR se basa en la interacción de un haz de luz con la materia biológica, generando una respuesta espectral que puede ser absorbida o reflejada por la muestra. Esta señal refleja información composicional de tipo físico-químico, como el contenido de pigmentos. En ensayos realizados durante el año 2018, los valores de antocianinas determinados por métodos de laboratorio (como el método Glories) en frutos maduros oscilaron entre 1,0 y 1,3 mg/g, los cuales se correlacionaron de forma precisa con las predicciones generadas por el equipo Vis-NIR.

El desarrollo continuo de este tipo de tecnologías no invasivas permitiría, en un futuro próximo, establecer con mayor precisión el tiempo transcurrido desde que un fruto alcanza el 100% de color, fortaleciendo así la toma de decisiones durante la cosecha y optimizando la segregación y clasificación de los frutos tanto en campo como en la etapa de procesamiento industrial.

c) **Calibre**

El tamaño del fruto, comúnmente referido como calibre, es un atributo fuertemente determinado por factores genéticos, los cuales inciden directamente en los procesos de división y elongación celular durante el desarrollo del fruto. En el caso del arándano, su crecimiento sigue una curva de tipo doble sigmoidea, patrón característico en diversas especies frutales. La primera fase del crecimiento se caracteriza por una expansión rápida del fruto, impulsada principalmente por la intensa división celular. La duración de esta etapa varía en función del ciclo de desarrollo de la variedad, oscilando entre 21 y 50 días para cultivares de ciclo corto y largo, respectivamente (Shoemaker, 1978).

Posteriormente, el fruto atraviesa una segunda fase marcada por una desaceleración en el crecimiento del pericarpio, mientras se intensifica el desarrollo del embrión (Gough, 1994). Esta etapa puede extenderse por aproximadamente 18 a 27 días, dependiendo nuevamente del tipo varietal. Finalmente, ocurre una tercera fase en la que predomina la elongación celular en el mesocarpio, momento en que el fruto experimenta una rápida incorporación de agua y asimilados, determinando en gran medida el calibre final y, en consecuencia, su calidad y condición poscosecha. Para arándanos del tipo highbush, esta etapa tiene una duración aproximada de 26 días (Shoemaker, 1978).

A diferencia de otras especies frutales, en el arándano el calibre no se emplea como un indicador directo de madurez fisiológica. No obstante, constituye un parámetro esencial dentro de los estándares de calidad comercial. En condiciones de campo, la determinación del calibre se realiza mediante herramientas como calibradores de bolsillo específicos para esta especie, mientras que en laboratorio o poscosecha se emplean instrumentos de mayor precisión como el pie de metro. Comercialmente, los frutos suelen clasificarse en tres categorías según su diámetro: pequeños (≤ 10 mm), medianos (11–15 mm) y grandes (≥ 16 mm), sin discriminar entre variedades.

Uno de los cambios más significativos —aunque poco perceptibles externamente— durante la maduración del fruto en el arbusto, ocurre a nivel de pulpa. A medida que avanza el proceso de maduración, se producen alteraciones estructurales, fisicoquímicas y bioquímicas que afectan la textura interna del fruto, particularmente la firmeza. Este atributo es de suma relevancia, ya que una mayor firmeza se asocia con fruta fresca y con un potencial de almacenamiento más prolongado. En contraste, la pérdida de firmeza —es decir, el

ablandamiento— incrementa la susceptibilidad del fruto al daño mecánico y a infecciones por patógenos (Vargas et al., 2000).

Desde la perspectiva del consumidor, la firmeza es un criterio clave de aceptación, incluso superior al sabor en algunos casos, y constituye un determinante fundamental de la intención de compra. Por ello, la pérdida progresiva de firmeza representa una limitante crítica para la exportación hacia mercados distantes, comprometiendo la rentabilidad del sector. Este atributo se define técnicamente como la fuerza necesaria para generar una deformación irreversible del tejido, y está estrechamente ligado al grado de madurez. Su variabilidad está influenciada tanto por el genotipo como por el momento de la cosecha.

Una vez que el fruto alcanza el estado óptimo de consumo, su tránsito hacia la sobremadurez es acelerado, condición que incrementa el riesgo de deterioro poscosecha y reduce significativamente su vida útil. Tradicionalmente, la evaluación de firmeza se realizaba mediante métodos sensoriales subjetivos, como la presión ejercida entre el pulgar y el índice. No obstante, esta técnica carece de reproducibilidad y está sujeta a la percepción del evaluador, generando inconsistencias en los resultados.

Actualmente, se dispone de una gama de instrumentos que permiten la evaluación objetiva de la firmeza. En el ámbito de investigación, el texturómetro es uno de los equipos más utilizados. Este instrumento mide la fuerza necesaria para penetrar, comprimir o deformar una muestra, aplicando diferentes tipos de sondas y protocolos según la textura del fruto (Zapata et al., 2010). A pesar de su alta precisión, su elevado costo y la necesidad de un operador capacitado limitan su implementación en la industria de gran escala.

En entornos industriales, se emplean equipos como el Firmtech y FirmPro, los cuales ofrecen mediciones confiables y cuantificables de la fuerza necesaria para deformar el fruto, permitiendo así clasificar los arándanos en rangos que van desde muy blandos hasta muy firmes. Para garantizar la fiabilidad de estas mediciones, es fundamental que el proceso no se vea afectado por variables externas como la temperatura ambiente o la intervención del operador.

Cabe destacar que la firmeza presenta una variabilidad significativa dentro de una misma población de fruta, incluso bajo condiciones homogéneas de cultivo. Por ejemplo, en

un estudio realizado durante la temporada 2020-2021 con cuatro variedades de arándanos, se observó una alta dispersión de los valores de firmeza, lo cual sugiere que el promedio no representa adecuadamente la calidad general del lote. Por tanto, se hace imprescindible adoptar metodologías cuantitativas robustas que permitan no solo medir la firmeza, sino también analizar su distribución dentro del lote procesado, considerando además factores como el manejo agronómico, las características varietales y las condiciones climáticas locales.

d) Apariencia de pulpa

Durante la maduración del fruto en la planta, además de los cambios estructurales en la pared celular y las modificaciones en los niveles de azúcares y ácidos orgánicos a nivel celular, también se observan transformaciones internas en la pulpa conforme avanza la madurez. Estas transformaciones pueden visualizarse claramente a través de cortes transversales del fruto, evidenciando diferencias en la apariencia interna. En términos de firmeza, se ha determinado que frutos cosechados con una pulpa más avanzada, aun presentando más del 90 % de cobertura externa azul, tienden a mostrar una textura más blanda.

Un estudio desarrollado por el equipo de investigación en postcosecha del INIA, llevado a cabo en la Región de La Araucanía durante las temporadas 2020-21 y 2021-22, evaluó la firmeza de frutos correspondientes a las variedades Blue Ribbon, Top Shelf, Brigitta, Legacy y Cargo, cultivados tanto bajo estructuras de protección como al aire libre. En dicho estudio, se exploró la relación entre el estado de madurez interna (clasificado en una escala de apariencia de pulpa: 1, 2 y 3) y la firmeza después de 30 días de almacenamiento a 0 °C en atmósfera regular, utilizando envases con microperforación al 0,3 %.

Los resultados, que agruparon los frutos según una firmeza instrumental similar y luego promediaron sus estados de pulpa, revelaron una considerable variabilidad dentro de cada categoría. Fue posible encontrar frutos con pulpas de apariencia más avanzada (nivel 3) que, no obstante, mantenían niveles de firmeza aceptables después del periodo de conservación. Este hallazgo indica que, aunque existe una mayor probabilidad de encontrar fruta blanda en estados avanzados de madurez interna, no se puede establecer una relación

completamente determinista entre estos parámetros, aunque la tendencia sí es consistente con lo reportado en la literatura científica.

Asimismo, se detectó una relación lineal significativa y directamente proporcional entre la firmeza instrumental y la apariencia de la pulpa al momento de la cosecha. A mayor nivel en la escala de apariencia de pulpa, mayor fue la incidencia de frutos blandos tras el almacenamiento. Esto sugiere que la evaluación de la pulpa a cosecha podría constituir una herramienta predictiva útil para anticipar el comportamiento de firmeza en la etapa de postcosecha.

Estos hallazgos refuerzan la importancia de establecer el inicio de cosecha en el momento adecuado y, especialmente, de reducir los intervalos entre cosechas dentro de un mismo cuartel. A mayor duración entre cosechas, aumenta la probabilidad de recolectar frutos sobremaduros, los cuales presentan un mayor riesgo de ablandamiento durante la conservación, independientemente de las tecnologías utilizadas para su almacenamiento y transporte. A partir de esta evidencia, se ha comenzado a incorporar la apariencia de la pulpa como criterio complementario para la toma de decisiones en cosecha.

Una de las principales limitaciones de esta estrategia es la metodología actual utilizada para la evaluación, la cual se basa en la observación visual mediante una tabla hedónica específica por variedad o grupo varietal. Este método consiste en realizar cortes ecuatoriales a los frutos para detectar la presencia de zonas acuosas que progresan desde la periferia hacia el centro del fruto a medida que avanza la madurez. No obstante, existen excepciones varietales, como Ventura, cuya pulpa no desarrolla áreas acuosas visibles, sino que incrementa su harinosidad con la maduración. Por ello, se hace necesaria la investigación y desarrollo de tecnologías no destructivas que permitan analizar volúmenes representativos de fruta de manera rápida y eficiente, facilitando así la implementación operacional de esta estrategia.

En continuidad con el estudio anterior, durante las temporadas 2020-21 y 2021-22 se desarrollaron ensayos en las localidades de Freire y Galvarino, también en La Araucanía, con el objetivo de validar indicadores alternativos de cosecha distintos al color externo del fruto. Se analizaron variables como apariencia de pulpa, calibre (mm), contenido de sólidos solubles totales (°Brix) y acidez titulable (% ácido cítrico) como predictores del

comportamiento de firmeza a 30 días de postcosecha (expresada en gf mm^{-1}). Para ello, se agruparon frutos con firmeza instrumental similar y se evaluaron los indicadores mencionados, siendo posteriormente almacenados en frío ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) en condiciones controladas.

Los resultados mostraron que, particularmente en frutos con pulpa en escala 2, el calibre presentó una correlación inversa y estadísticamente significativa con la firmeza a postcosecha ($p < 0,05$). Es decir, frutos de mayor tamaño tendieron a ser menos firmes después del almacenamiento, lo cual coincide con los hallazgos de Ballinger et al. (1973), quienes describieron que frutos más pequeños suelen tener una textura ligeramente más firme.

Por otro lado, en la temporada 2020-21 se observó una correlación negativa significativa entre el contenido de sólidos solubles totales y la firmeza postcosecha en frutos con apariencia de pulpa 2. A medida que aumentaron los $^{\circ}\text{Brix}$, disminuyó la firmeza del fruto tras el almacenamiento. No obstante, esta correlación no se repitió en la temporada 2021-22 en frutos cosechados bajo coberturas plásticas en el norte de La Araucanía, donde el rango de SST fue más estrecho, impidiendo una relación estadísticamente significativa.

Además, durante la temporada 2021-22, se encontró una correlación directa entre la acidez titulable y la firmeza postcosecha en frutos con pulpas en escalas 1 y 2 provenientes de cultivos bajo cobertura. Sin embargo, esta asociación no fue observada en la temporada anterior con fruta cultivada al aire libre. Esto sugiere que la acidez del fruto —y su impacto sobre la firmeza— está modulada por múltiples factores, incluyendo el genotipo, el manejo agronómico y las condiciones climáticas locales.

Estos resultados refuerzan la noción de que la firmeza postcosecha en arándanos está influida por un conjunto de variables complejas y multifactoriales, por lo que la combinación de criterios como la apariencia interna de la pulpa, el calibre, los sólidos solubles y la acidez puede ofrecer un enfoque más robusto para la toma de decisiones en cosecha y predicción del comportamiento en almacenamiento.

e) Sólidos solubles totales y acidez titulable

Como se ha indicado previamente, la maduración del arándano está acompañada por modificaciones bioquímicas significativas, particularmente en la composición de los

compuestos solubles presentes en las bayas. Durante las etapas de crecimiento y maduración, se produce una acumulación progresiva de azúcares. No obstante, una vez concluida la cosecha, estos niveles tienden a estabilizarse, en contraste con otros frutos climatéricos como la manzana o el plátano, en los que la acumulación de azúcares continúa tras la recolección. Cualquier incremento de estos compuestos en el periodo postcosecha, en el caso del arándano, podría explicarse por procesos de deshidratación excesiva o por errores metodológicos en la cuantificación del contenido de azúcares.

El monitoreo de estos parámetros composicionales generalmente requiere métodos de muestreo destructivos, así como técnicas analíticas de mayor complejidad, orientadas a la medición precisa de metabolitos clave implicados en la percepción sensorial y la conservación del fruto. Entre los análisis más habituales, a partir del jugo extraído de las bayas, se evalúan los sólidos solubles totales (SST) y la acidez titulable (AT). Los SST comprenden una variedad de compuestos, incluyendo azúcares, ácidos orgánicos, pigmentos y pectinas solubles, siendo los azúcares responsables del dulzor el componente predominante, representando comúnmente más del 60% del total de SST en frutas como la uva de mesa o el arándano.

En especies como la frutilla, esta proporción se reduce, ya que el 60% corresponde a azúcares, mientras que el resto se distribuye entre ácidos orgánicos (10%), antocianinas (21%), pectinas solubles (7%) y otros componentes (2%). La cuantificación de SST se lleva a cabo generalmente mediante refractometría, expresando los resultados en grados Brix (°Bx), donde un grado equivale a un 1% de sacarosa disuelta en 100 gramos de solución a 20 °C.

En lo referente a la acidez, el ácido cítrico es el principal ácido orgánico presente en el arándano, cuya concentración incrementa durante el desarrollo del fruto y tiende a disminuir conforme avanza la maduración y durante el almacenamiento poscosecha (Smrke, 2021). Este parámetro se determina habitualmente mediante titulación con hidróxido de sodio (NaOH 0.1 N) hasta alcanzar un punto de equivalencia correspondiente a un pH de 8.2. Pese a la complejidad del análisis, actualmente existen dispositivos digitales que facilitan su medición con mayor rapidez y precisión, a costos relativamente accesibles.

Sin embargo, su implementación en el ámbito productivo aún no es generalizada, a pesar de que presenta relevancia en genotipos o regiones con alta acidez titulable. Específicamente, se ha observado que los frutos con mayor acidez tienden a mostrar una firmeza superior, lo que se atribuye a un menor grado de maduración fisiológica. No obstante, la recolección anticipada con el objetivo de incrementar la firmeza no resulta favorable, ya que puede comprometer la apariencia visual del fruto —por un menor desarrollo de la coloración superficial— y desequilibrar la relación SST/AT, afectando negativamente la percepción organoléptica.

Por otro lado, los frutos que han alcanzado un color azul característico y que permanecen en el arbusto continúan su maduración, lo cual se refleja en una reducción progresiva tanto de la acidez como de la firmeza. Dada la correlación entre los niveles de SST y AT con el grado de madurez, la relación SST/AT se considera un indicador clave no solo para predecir la calidad poscosecha y la capacidad del fruto para resistir el transporte prolongado, sino también como un atributo sensorial de importancia para el consumidor, quien generalmente prefiere frutos con un equilibrio entre dulzor y acidez, rasgo distintivo del género *Vaccinium*.

f) Materia seca

La materia seca (MS) de los frutos representa la acumulación integrada de diversos compuestos bioquímicos, incluidos carbohidratos, almidones, azúcares solubles, lípidos, proteínas, antioxidantes, vitaminas, minerales, fibras y elementos volátiles, junto con carbohidratos estructurales responsables de la formación de tejidos como la piel y la pulpa. En múltiples especies frutales, se ha evidenciado una relación directa entre el contenido de MS y la calidad del fruto tanto en el punto de cosecha como durante el almacenamiento postcosecha. Este fenómeno ha sido documentado, por ejemplo, en cultivares de manzana, kiwi y palta (Tagliavini et al., 2000), donde los niveles promedio de MS se han situado alrededor del 14,4% en manzana, 16,0% en kiwi, 13,8% en cereza, 12,5% en ciruela y hasta un 19,7% en uva de mesa.

En el caso particular del arándano, investigaciones sobre variedades como Ochlockonee, Brightwell, Aurora y Liberty han reportado un rango de materia seca comprendido entre 13,9% y 21,0% (Hirzel et al., 2018). No obstante, a diferencia de otras especies, en el arándano aún no se ha establecido una correlación estadísticamente

significativa entre los niveles de MS y la conservación de la calidad en postcosecha, lo cual limita su uso como predictor confiable de vida útil.

La cuantificación de la MS se lleva a cabo mediante procedimientos gravimétricos, los cuales consisten en registrar el peso fresco inicial de una muestra determinada, seguida de un proceso de secado a 65 °C durante 72 horas en horno de aire forzado, hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente, se calcula el porcentaje de materia seca mediante la relación entre el peso seco obtenido y el peso inicial en fresco. En la actualidad, se ha avanzado hacia métodos no destructivos mediante tecnologías basadas en espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR), las cuales permiten realizar estimaciones in situ sin alterar la integridad del fruto, siendo estos equipos de uso común en cultivos como la palta.

2.3 Bases Filosóficas

2.3.1 Enfoque Ontológico

La ontología de esta investigación parte de la idea de que la realidad empresarial, los procesos productivos y los estándares de calidad son entidades objetivas que existen independientemente del sujeto que los observa. En este marco, se adopta una postura realista, que se basa en la teoría del realismo científico, defendida por filósofos como Karl Popper y Mario Bunge, quienes sostienen que el mundo existe con estructuras que pueden ser descubiertas y comprendidas a través de la ciencia y la tecnología.

La metodología Six Sigma es concebida ontológicamente como una estructura sistémica con impacto real sobre la producción, diseñada para reducir la variabilidad en los procesos mediante una lógica cuantitativa. El arándano, como producto agrícola, posee características cualitativas y cuantitativas que pueden ser modificadas a través de estos procesos. Por ello, esta investigación reconoce que la calidad del arándano es una propiedad que puede ser objetivamente determinada a partir de la implementación de acciones sistemáticas dentro del entorno organizacional.

2.3.2 Enfoque Epistemológico

Desde el plano epistemológico, la investigación se enmarca en el positivismo lógico, corriente derivada del empirismo moderno que sostiene que el conocimiento válido es aquel

que puede ser verificado empíricamente y expresado mediante lenguaje lógico y matemático. En esta línea, pensadores como Auguste Comte y Rudolf Carnap propusieron que el conocimiento científico debe construirse a partir de observaciones verificables y generalizaciones inductivas.

En este sentido, el estudio considera que la implementación de la metodología Six Sigma puede ser comprendida, evaluada y medida científicamente a través de indicadores numéricos relacionados con la calidad del arándano, tales como el índice de defectos por millón de oportunidades (DPMO), la desviación estándar, el rendimiento de procesos y otros criterios cuantificables. El conocimiento aquí no se produce por especulación, sino por evidencia, sistematización y análisis estadístico.

2.3.3 Enfoque Axiológico

En el aspecto axiológico, la investigación se fundamenta en el pragmatismo ético de autores como John Dewey y el enfoque teleológico aristotélico de la ética orientada al logro del bien común. La calidad, en este marco, no es solo un estándar técnico, sino un valor integral que articula la eficiencia organizacional, el respeto por el consumidor, el cuidado del medio ambiente y la responsabilidad empresarial frente a sus trabajadores y la comunidad.

Desde esta perspectiva, la aplicación de la metodología Six Sigma no se orienta únicamente a reducir defectos o mejorar estadísticas, sino a generar un impacto ético y social que se refleje en mejores prácticas productivas, mayor competitividad y compromiso con el desarrollo sostenible. El valor de la mejora continua radica en su capacidad de contribuir al bienestar colectivo, tanto al interior de la organización como en su entorno.

2.4 Definición de términos básicos

- **Análisis de Causa Raíz.** Método para identificar las causas fundamentales de un problema, con el objetivo de abordarlas y prevenir su recurrencia.
- **Calidad Organoléptica.** Se refiere a las características sensoriales del fruto, como color, sabor, aroma y textura, que son clave para la percepción del consumidor.

- **Clasificación por Calibres.** Estándares de tamaño utilizados para categorizar el arándano para exportación y consumo interno.
- **Contenido de Sólidos Solubles (Brix).** Medida del nivel de azúcares naturales en el fruto, relevante para evaluar madurez y sabor.
- **Control Estadístico de Procesos (CEP).** Técnica que utiliza métodos estadísticos para monitorear y controlar un proceso, con el fin de identificar y reducir la variabilidad.
- **Defecto.** En Six Sigma, se define como cualquier instancia en la que un producto o proceso no cumple con los requisitos del cliente o los estándares establecidos.
- **Diagrama de Pareto.** Herramienta gráfica que ayuda a identificar las causas más significativas de problemas o defectos, basándose en el principio de que una pequeña cantidad de causas suele ser responsable de la mayoría de los efectos.
- **DMAIC.** Ciclo de mejora continua que consta de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar (Improve) y Controlar, utilizado en proyectos Six Sigma para optimizar procesos.
- **DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades).** Métrica que cuantifica el rendimiento de un proceso en términos de defectos por cada millón de oportunidades.
- **Firmeza del Fruto.** Indicador físico de calidad del arándano, relacionado con su vida útil y resistencia al transporte.
- **Lean Six Sigma.** Combinación de las metodologías Lean y Six Sigma, que busca eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia y calidad de los procesos.
- **Nivel Sigma (Sigma Level).** Medida que representa la capacidad de un proceso para funcionar sin errores, siendo Six Sigma equivalente a 3.4 defectos por millón de oportunidades.
- **Six Sigma.** Metodología de mejora de procesos introducida por Bill Smith en Motorola en 1986, que busca reducir la variabilidad y los defectos mediante herramientas estadísticas, con el objetivo de alcanzar una calidad cercana a la perfección (3.4 defectos por millón de oportunidades).
- **Variabilidad del Proceso.** Es la tendencia natural de un proceso a cambiar con el tiempo, afectando la consistencia del resultado y, por ende, la calidad del producto.

2.5 Hipótesis de la investigación

2.5.1 Hipótesis general

La Metodología six sigma tiene un impacto significativo en la calidad del arándano de la empresa Agrokaša S.A.C. – Supe – 2025.

2.5.2 Hipótesis específicas

1).- La Metodología six sigma tiene un impacto significativo en el tamaño del arándano de la empresa Agrokaša S.A.C. – Supe – 2025.

2).- La Metodología six sigma tiene un impacto significativo en la ausencia de defectos visibles del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025.

3).- La Metodología six sigma tiene un impacto significativo en el sabor del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025.

2.6 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

[illegible]

	Mejorar y Controlar) (Pyzdek & Keller, 2014).				
CALIDAD DEL ARANDANO	La calidad del arándano hace referencia al conjunto de características físicas, sensoriales y sanitarias que hacen que el fruto cumpla con los requisitos del mercado nacional e internacional, garantizando su aceptación por parte del consumidor. Esta incluye atributos como el tamaño, la ausencia de defectos visibles, la firmeza y el sabor, los cuales son evaluados según normas técnicas y parámetros exportables (Velásquez & Bravo, 2018).	Se evalúa mediante indicadores como el diámetro promedio del fruto, el porcentaje de frutos sin defectos visibles (manchas, magulladuras), los grados Brix que indican el nivel de dulzura, y los resultados de pruebas sensoriales que determinan la aceptabilidad del sabor. Estos datos son recolectados mediante muestreo de lotes y pruebas técnicas en campo y laboratorio.	Tamaño	1. Diámetro promedio de los frutos por lote (en mm). 2. Porcentaje de frutos que cumplen con el calibre comercial estándar (≥ 18 mm). 3. Rango de variabilidad del tamaño entre frutos del mismo lote.	Likert
			Ausencia de defectos visibles	1. Porcentaje de frutos sin daños físicos (manchas, magulladuras, deformidades). 2. Número promedio de defectos por bandeja inspeccionada. 3. Índice de rechazo en control de calidad por presencia de defectos visibles.	Likert
			Sabor	1. Promedio de grados Brix (dulzura natural del fruto). 2. Porcentaje de frutos con sabor óptimo según estándares sensoriales. 3. Nivel de aceptación del sabor en pruebas organolépticas (escala Likert o hedónica). 4. Consistencia del sabor entre diferentes lotes (desviación estándar del Brix).	

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de Investigación

La presente investigación será de tipo aplicada ya que tiene como finalidad resolver un problema concreto relacionado con la mejora de la calidad del arándano a través de la implementación de la metodología Six Sigma en la empresa Agrokasa S.A.C. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación aplicada "busca conocer para hacer, para actuar, para construir o modificar" (p. 124), lo que se alinea con el objetivo de esta investigación, que pretende generar resultados prácticos que contribuyan directamente al proceso productivo y la calidad del producto en el contexto empresarial.

3.1.2 Nivel de investigación

La investigación tiene un nivel correlacional, ya que su propósito es determinar la relación existente entre la metodología Six Sigma y la calidad del arándano en la empresa Agrokasa S.A.C. Este tipo de investigación no busca establecer una relación causal directa, sino identificar el grado de asociación entre ambas variables. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), el nivel correlacional "asocia variables mediante un patrón que se presenta de manera sistemática, sin manipularlas directamente" (p. 127), lo que permite comprender cómo se comportan estas variables dentro del contexto organizacional.

3.1.3 Enfoque

La presente investigación tiene el enfoque cuantitativo, dado que las variables pueden medirse de tal forma que los resultados tengan valores numéricos precisos

3.2 Estrategia de procedimiento de contrastación de hipótesis

El procedimiento de contratación de hipótesis se llevará a cabo a través de una prueba de hipótesis, para lo cual primero se empleará el ajuste de bondad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, el cual nos determinará la normalidad de las muestras y el coeficiente que se usará para este procedimiento

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

El Universo Poblacional estará constituido por los trabajadores de la empresa Agrokasa S.A.C., la cual está conformada por 50 trabajadores, divididos en directivos, técnicos y personal administrativo

3.3.2 Muestra

La muestra en nuestra investigación, debido al tamaño expuesto en nuestro universo poblacional. Hernández, citado por Castro (2003), afirma que “cuando la población es menor de cincuenta (50) individuos, la población es igual a la muestra” (p. 69). Lo que señala el autor permite concluir que si se tomara toda la población no se utilizaría ningún criterio de muestreo.

3.4 Técnicas de recolección de datos

La técnica a utilizarse será la encuesta, mientras que nuestro instrumento será el cuestionario, Un cuestionario es un documento formado por un conjunto de preguntas que deben redactarse y ordenarse de forma coherente, ordenadas y estructuradas según un plan específico para que las respuestas contenidas en él nos aporten toda la información necesaria.

3.5 Técnicas para el procedimiento de la información

La información recopilada se procesará utilizando programas de procesamiento de datos como Excel y el programa estadístico SPSS para obtener información adecuada para su posterior análisis..

a) Ficha Técnica de Instrumentos

El cuestionario estará constituido por 20 preguntas. La medición se hará a través de la Escala de Likert, que se ordenara en respuestas que van desde 1 (menor frecuencia) a 5 (mayor frecuencia).

b) Administración de los instrumentos y obtención de los datos

El cuestionario utilizado para recopilar datos será probado por expertos que determinarán su confiabilidad si se convierte en una fuente de datos segura y confiable. Además, los datos serán sometidos a la estadística alfa de Cronbach para determinar la confiabilidad durante su uso, esto evitará crear datos ficticios que puedan afectar los resultados de la investigación. El cuestionario fue completado por el investigador responsable.

c) Análisis Estadístico

El análisis de datos se realizará utilizando el software estadístico SPSS. Este software procesará y analizará datos de acuerdo con los requisitos de la investigación, mostrará los resultados necesarios para explicar nuestra investigación, a qué conclusiones hemos llegado, discutirá y comparará con resúmenes similares y verificará si los objetivos e hipótesis se pueden agregar al producto final

CAPITULO 4

RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

4.1.1 Análisis Six sigma

a) Situación actual

Agrokasa S.A.C., reconocida como una de las principales empresas agroindustriales del Perú, se dedica a la producción, procesamiento y exportación de frutas frescas, destacando entre ellas el arándano. La compañía cuenta con modernas instalaciones de cultivo en la región de Supe, donde ha implementado tecnologías avanzadas de riego, fertilización y cosecha, así como rigurosos protocolos fitosanitarios que le permiten mantenerse competitiva en los mercados internacionales.

Actualmente, el proceso de producción y control de calidad del arándano en Agrokasa S.A.C. se encuentra en una situación de estabilidad operativa. Se ha logrado establecer un flujo de trabajo organizado y estandarizado en cada una de las fases críticas del proceso productivo: cosecha, selección, empaque y almacenamiento. Asimismo, la empresa cumple con los estándares internacionales de certificación como Global GAP y HACCP, lo que refuerza su compromiso con la inocuidad alimentaria y la calidad del producto exportado.

Sin embargo, a pesar de estos avances y del estado de equilibrio en la gestión de procesos, se ha identificado un nivel medio de merma en la producción de arándanos, especialmente en las etapas de postcosecha y selección. Estas mermas, que incluyen pérdidas por tamaño no comercial, presencia de defectos visibles como magulladuras, hongos o manchas, así como frutas que no alcanzan el sabor óptimo, representan un desperdicio considerable de producto que impacta directamente en la rentabilidad de la empresa.

De acuerdo con reportes internos de calidad, estas mermas oscilan entre el 10 % y el 15 % del total cosechado, lo que constituye una oportunidad de mejora significativa. Aunque el proceso actual permite mantener una calidad aceptable para el mercado, la implementación de herramientas de mejora continua, como la metodología Six Sigma, podría contribuir de manera sustancial a reducir los niveles de desperdicio, optimizar el uso de recursos y elevar la eficiencia en toda la cadena productiva.

Esta situación abre un espacio propicio para el análisis y aplicación de metodologías de mejora de procesos, con el objetivo de identificar las causas raíz de las mermas, implementar soluciones sostenibles y consolidar una cultura de calidad basada en la excelencia operativa.

4.1.2 Primer paso: definir

a) Problema identificado

A pesar de que Agrokasa S.A.C. mantiene estándares aceptables de calidad en la producción de arándanos, se ha identificado un porcentaje medio de merma durante las etapas de postcosecha y selección, alcanzando niveles del 10 % al 15 %. Estas pérdidas se relacionan con características del fruto como tamaño fuera de los rangos comerciales, defectos visibles (magulladuras, manchas, hongos) y sabor por debajo del estándar exportable. Este nivel de desperdicio representa una afectación directa a la eficiencia operativa y a los márgenes de rentabilidad.

b) Objetivo del proyecto Six Sigma

Implementar la metodología Six Sigma en los procesos de postcosecha y control de calidad del arándano para reducir el índice de merma en un 50 % en un periodo de seis meses, asegurando una mejora continua en la calidad del producto final y la optimización de recursos.

c) Alcance del proyecto

Este análisis se enfocará en los procesos que se desarrollan desde la cosecha hasta el empaque del arándano. Se evaluará el desempeño del personal, el equipamiento utilizado, los criterios de calidad definidos por la empresa y los indicadores actuales de rechazo. No se incluirán en este estudio los procesos de distribución ni los factores externos de mercado o clima.

Tabla 2

Clientes y partes interesadas

Parte interesada	Interés o impacto en el proyecto
Dirección general de Agrokasa	Reducción de costos, aumento en rentabilidad
Departamento de calidad	Mejora en el cumplimiento de estándares internacionales
Clientes internacionales	Recepción de productos con mayor uniformidad y calidad
Personal operativo	Capacitación y adecuación de procesos según Six Sigma
Área de producción	Estandarización y mejora en la eficiencia de procesos

Nota: La tabla evidencia que cada parte interesada en el proyecto cumple un rol clave con intereses diferenciados pero complementarios: la Dirección General de Agrokasa busca reducir costos y aumentar la rentabilidad; el Departamento de Calidad prioriza el cumplimiento de estándares internacionales; los clientes internacionales demandan productos con mayor uniformidad y calidad; el personal operativo requiere capacitación y adecuación de procesos según la metodología Six Sigma; y el área de Producción se orienta hacia la estandarización y eficiencia. En conjunto, estos intereses muestran un alineamiento entre los objetivos estratégicos de la empresa y las expectativas tanto internas como externas.

d) CTQs (Critical to Quality)

Los atributos críticos para la calidad (CTQs) que se evaluarán en esta fase son:

- **Tamaño del arándano:** debe cumplir con el calibre exportable (entre 12 y 18 mm de diámetro).
- **Ausencia de defectos visibles:** frutos sin magulladuras, sin manchas ni hongos.
- **Sabor:** dulzor mínimo de 10° Brix según estándares internacionales de calidad.

Tabla 3

Diagrama SIPOC

S (Proveedores)	I (Entradas)	P (Procesos)	O (Salidas)	C (Clientes)
Agricultores	Arándano cosechado	Selección – Clasificación – Empaque	Arándano exportable – Arándano descartado	Exportadores, consumidores, empresas

S (Proveedores)	I (Entradas)	P (Procesos)	O (Salidas)	C (Clientes)
Operarios	Equipos de selección y empaque	Inspección visual y sensorial	Reportes de calidad	Área de control de calidad
Proveedores técnicos	Normas técnicas y criterios	Control de temperatura – Almacenamiento	Registro de merma	Gerencia

Nota. La tabla sobre el diagrama SIPOC muestra de manera estructurada la relación entre los actores clave, los insumos, los procesos y los resultados del sistema productivo. En este esquema, los agricultores aportan el arándano cosechado como insumo principal, que pasa por procesos de selección, clasificación y empaque, generando como salidas el arándano exportable y el descartado, destinados a exportadores, consumidores y empresas. Los operarios, mediante el uso de equipos de selección y empaque, realizan inspecciones visuales y sensoriales que producen reportes de calidad dirigidos al área de control. Finalmente, los proveedores técnicos aportan normas y criterios que orientan procesos de control de temperatura y almacenamiento, dando como resultado registros de merma destinados a la gerencia. En conjunto, el diagrama evidencia la interdependencia entre los actores y procesos para garantizar calidad y eficiencia en la cadena de valor del arándano.

PROCESO DE CALIDAD DEL ARÁNDANO

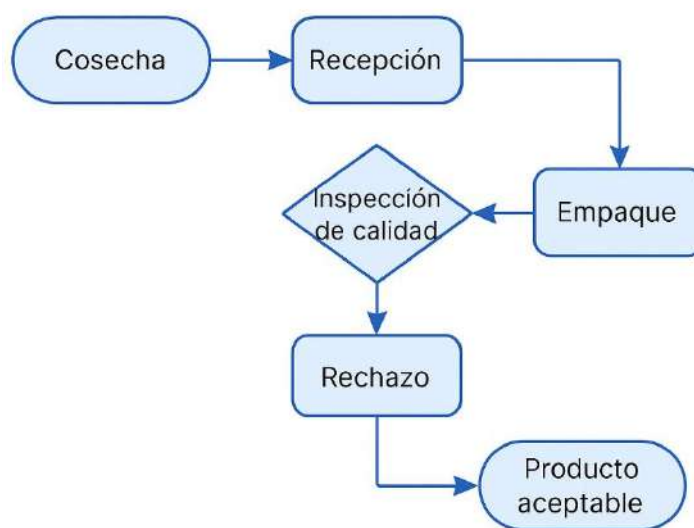


Figura 1. Diagrama del proceso de calidad del arándano

4.1.3 Fase: medir

a) Objetivo

Recolectar datos relevantes del proceso de producción y control de calidad del arándano para determinar el desempeño actual y establecer los indicadores clave.

Tabla 4

Selección de los CTQs a medir

CTQ (Critical to Quality)	Unidad de medida	Valor esperado
Diámetro del arándano	Milímetros (mm)	14 – 16 mm
Porcentaje de defectos	%	4%-5%
Grado Brix (dulzura)	°Brix	12°-14°
Índice de merma	% de descarte	< 5%

Nota. La tabla de selección de los CTQs (Critical to Quality) identifica los parámetros esenciales que determinan la calidad del arándano en el proceso productivo. Entre los

indicadores más relevantes se encuentra el diámetro del fruto, medido en milímetros, cuyo rango óptimo se establece entre 10 y 16 mm, garantizando uniformidad en la presentación. Asimismo, el porcentaje de defectos debe mantenerse por debajo del 5 %, lo que asegura un nivel mínimo de imperfecciones visibles o estructurales. Otro aspecto clave es el grado Brix, indicador del nivel de dulzura, que debe ser igual o superior a 12° para cumplir con los estándares de sabor exigidos en mercados internacionales. Finalmente, el índice de merma o porcentaje de descarte no debe superar el 5 %, con el fin de maximizar la eficiencia productiva y reducir pérdidas. En conjunto, estos CTQs permiten alinear la producción con los requerimientos de calidad esperados por clientes y consumidores.

b) Plan de recolección de datos

- **Población:** Lotes de arándano producidos durante un mes.
- **Muestra:** 10 lotes aleatorios por semana (40 lotes mensuales).
- **Frecuencia:** 1 evaluación por lote.
- **Instrumentos:**
 - Calibrador digital para tamaño.
 - Refractómetro para °Brix.
 - Lista de chequeo de defectos.

Tabla 5
Indicadores clave

Indicador	Fórmula
DPMO (defectos por millón)	$DPMO = \frac{\text{Defectos}}{(\text{Unidades} \times \text{Oportunidades})} \times 1,000,000$
Rendimiento (%)	$(\text{Unidades sin defecto} / \text{Total de unidades}) \times 100$
Índice de merma (%)	$(\text{Producto descartado} / \text{Total producido}) \times 100$

Nota. La tabla de indicadores clave presenta las métricas fundamentales para evaluar el desempeño y la calidad dentro del proceso productivo. El primero de ellos es el DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades), calculado a través de la relación entre los defectos encontrados y las unidades producidas, considerando todas las oportunidades de fallo, multiplicado por un millón; este indicador permite medir la conformidad con estándares Six

Sigma. El segundo es el rendimiento (%), que se obtiene al dividir las unidades sin defecto entre el total producido y multiplicar por 100, reflejando así la eficiencia del proceso y su capacidad de entregar productos de calidad. Finalmente, se incluye el índice de merma (%), que resulta de la proporción entre el producto descartado y el total elaborado, evidenciando las pérdidas y la necesidad de optimizar recursos. Estos indicadores en conjunto ofrecen una visión integral para el control y la mejora continua de la producción.

Tabla 6
Línea base esperada del proceso

Indicador	Valor actual estimado	Meta Six Sigma
% defectos visibles	11%	< 3.4%
Tamaño fuera de rango	28%	< 5%
Sabor no aceptado	10%	< 10%
Índice de merma	49%	< 4%

Nota. La línea base esperada del proceso establece una comparación entre los valores actuales estimados y las metas alineadas al estándar Six Sigma, lo que permite identificar brechas críticas de mejora. En primer lugar, el porcentaje de defectos visibles alcanza actualmente un 6.2%, superando lo esperado (< 3.4%), lo que revela deficiencias en los controles de inspección. El tamaño fuera de rango representa un 11%, más del doble de la meta (< 5%), reflejando variabilidad significativa en la selección y clasificación del producto. En cuanto al sabor no aceptado, se reporta un 18%, frente a un umbral deseado de menos del 10%, lo que evidencia la necesidad de ajustar parámetros de dulzura y maduración. Finalmente, el índice de merma se sitúa en 7.5%, cuando la meta es reducirlo a menos del 4%, indicando pérdidas importantes que afectan la rentabilidad. En conjunto, estos resultados muestran una oportunidad de mejora sustancial para alcanzar la excelencia operativa.

Tabla 7
Recolección de datos con 10 primeros lotes y la distribución de la merma según los defectos identificados

Lote	Producción Total	Merma Total	Defectos Visibles	Tamaño Fuera de Rango	Sabor No Aceptado
Lote 1	1000	110	35	65	10
Lote 2	1020	115	36	68	11
Lote 3	980	108	34	64	10
Lote 4	1015	112	35	66	11
Lote 5	995	109	34	65	10
Lote 6	1005	111	35	66	10
Lote 7	1012	114	36	67	11
Lote 8	990	107	34	63	10
Lote 9	1008	113	35	67	11
Lote 10	1018	115	36	68	11

Nota. En total se produjeron 10,043 unidades. La merma fue de 1,114 unidades (11.1% del total). De esa merma, 659 se deben a tamaño fuera de rango (59.2% de los defectos; 6.56% del total producido), 350 a defectos visibles (31.4%; 3.48% del total) y 105 a sabor no aceptado (9.4%; 1.05% del total). En conjunto, el principal foco de mejora sigue siendo el control del tamaño, seguido por la reducción de golpes/manipulación; el sabor representa una fracción menor de las no conformidades.

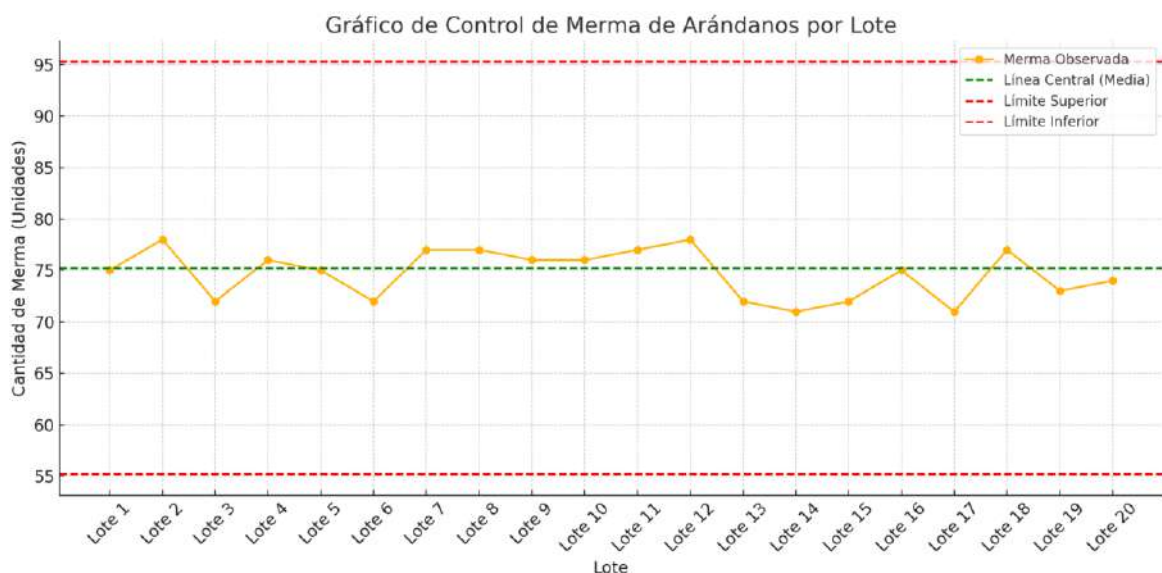


Figura 2. Gráfico de control de merma para 20 lotes

Con los resultados obtenidos, se calculará el rendimiento sigma, DPMO, Cp y Cpk de forma separada para cada tipo de defecto para establecer adecuadamente los valores de cada defecto estudiado:

Tabla 8**Rendimiento por defecto**

Tipo de defecto	Rendimiento (%)
Defectos visibles	89%
Tamaño fuera del rango	72%
Sabor no aceptado	90%

Nota. Se muestra el nivel de eficiencia del proceso en relación con los principales defectos detectados en la producción de arándanos. Se observa que el mejor desempeño corresponde al sabor no aceptado, con un rendimiento del 90%, lo que indica que solo un 10% de los frutos presentan problemas organolépticos. En segundo lugar, los defectos visibles alcanzan un rendimiento de 89%, reflejando que un 11% de la producción presenta daños estéticos o de apariencia. Finalmente, el aspecto más crítico es el tamaño fuera del rango, con un rendimiento del 72%, lo que evidencia que casi 3 de cada 10 frutos no cumplen con las dimensiones exigidas por el estándar de calidad. Estos resultados destacan la necesidad de enfocar las acciones de mejora en la calibración del tamaño de los frutos, dado que constituye la principal causa de no conformidad.

c) Datos por cada tipo de defecto

Se evaluaron 10,000 unidades y que cada unidad tiene 1 oportunidad para cada tipo de defecto (es decir, 1 oportunidad por tipo de característica crítica).

1. Defectos visibles**Tabla 9****Nivel sigma para los defectos visibles**

Métrica	Valor calculado	Interpretación
Rendimiento	89% (1,100 defectos en 10,000)	11% de los frutos presentan defectos visibles
DPMO	110,000	Alta cantidad de defectos por millón de oportunidades
Nivel Sigma	≈ 2.65 σ	Proceso deficiente, lejos del nivel óptimo (6σ)
Cp	0.93	El proceso no cumple los límites de tolerancia

Métrica	Valor calculado	Interpretación
Cpk	0.46	El proceso está descentrado respecto al objetivo

Nora. El análisis de los defectos visibles muestra que el proceso presenta un rendimiento del 89%, lo que significa que aproximadamente el 11% de los frutos no cumplen con los estándares de apariencia. El cálculo de DPMO arrojó 110,000 defectos por millón de oportunidades, equivalente a un nivel Sigma de 2.65, lo cual se encuentra muy por debajo de la meta Six Sigma (< 3.4 defectos por millón). Asimismo, los índices de capacidad del proceso reflejan deficiencias notorias: el Cp es de 0.93, lo que evidencia una variabilidad incontrolada, y el Cpk alcanza apenas 0.46, confirmando que el proceso está descentrado respecto a los límites de especificación. En conjunto, estos resultados indican que la apariencia externa de los frutos requiere mejoras sustanciales.

2. Tamaño fuera del rango

Tabla 10

Nivel sigma para el tamaño fuera del rango

Métrica	Valor calculado	Interpretación
Rendimiento	72% (2,800 defectos en 10,000)	28% de frutos fuera del rango de tamaño
DPMO	280,000	Muy alta proporción de defectos
Nivel Sigma	$\approx 2.10 \sigma$	Nivel muy bajo de calidad
Cp	0.56	Gran variabilidad del proceso
Cpk	0.33	El proceso está más alejado del centro del rango aceptado

Nota. En el caso del tamaño, el rendimiento del proceso es el más bajo, alcanzando solo un 72%, lo que significa que casi uno de cada tres frutos no cumple con las dimensiones aceptables. El DPMO calculado fue de 280,000, equivalente a un nivel Sigma de 2.10, reflejando una brecha crítica frente al estándar Six Sigma. Los índices de capacidad son alarmantes: Cp se ubica en 0.56 y Cpk en 0.33, valores que evidencian una alta dispersión y un fuerte descentramiento del proceso. Esta dimensión constituye el principal punto crítico de control, ya que la variabilidad en el tamaño afecta directamente la uniformidad del producto y, en consecuencia, la aceptación por parte del consumidor y el mercado.

3. Sabor no aceptado

Tabla 11

Nivel sigma para el sabor no aceptado

Métrica	Valor calculado	Interpretación
Rendimiento	90% (1,000 defectos en 10,000)	10% de los frutos no cumplen con el sabor esperado
DPMO	100,000	Defectos relevantes pero menores que en “tamaño”
Nivel Sigma	≈ 2.70 σ	Proceso con deficiencias moderadas
Cp	0.67	Variabilidad por encima de lo esperado
Cpk	0.50	El proceso está descentrado respecto al rango de aceptación

Nota. Respecto al sabor, los resultados muestran un rendimiento del 90%, con 100,000 defectos por millón de oportunidades, lo que equivale a un nivel Sigma de 2.70. Si bien el desempeño es superior al obtenido en el tamaño, aún está muy por debajo del estándar internacional de calidad. En cuanto a la capacidad del proceso, el Cp alcanza un valor de 0.67, mientras que el Cpk se sitúa en 0.50, confirmando la falta de control y la desviación del proceso con relación a las especificaciones establecidas. Este indicador revela que, aunque el problema es menos grave que el del tamaño, la percepción sensorial del consumidor todavía representa un desafío que debe ser abordado mediante ajustes en la producción y en el control de la materia prima.

Tabla 12

Resumen tabulado

Categoría	Rend. %	Defectos	DPMO	Sigma (Z)	Cp	Cpk
Defectos visibles	89%	1,100	110,000	2.65	0.93	0.46
Tamaño fuera de rango	72%	2,800	280,000	2.10	0.56	0.33
Sabor no aceptado	90%	1,000	100,000	2.70	0.67	0.50

Nota. El resumen tabulado evidencia que el principal problema en el proceso se concentra en el tamaño fuera de rango, con un rendimiento de apenas 72%, un DPMO de 280,000 y un

nivel Sigma de 2.10, lo que refleja alta variabilidad ($C_p = 0.56$) y fuerte descentramiento ($C_{pk} = 0.33$). En comparación, los defectos visibles presentan un rendimiento del 89% y un Sigma de 2.65, con índices de capacidad igualmente bajos ($C_p = 0.93$; $C_{pk} = 0.46$), mientras que el sabor no aceptado muestra el mejor desempeño relativo, con 90% de conformidad y un Sigma de 2.70, aunque aún lejos del estándar Six Sigma. En conjunto, los resultados confirman que ninguna categoría cumple con los requisitos de capacidad, siendo prioritario intervenir en el control del tamaño, seguido por la mejora de la apariencia y el sabor.

Conclusión

Este análisis muestra que el proceso más vulnerable en la calidad del arándano es el control del tamaño, debido a su bajo rendimiento y desempeño sigma. La metodología Six Sigma, aplicada correctamente, podría centrarse en esta área para reducir la variabilidad, optimizar la eficiencia del proceso y disminuir la merma generada por este defecto específico. Los otros dos aspectos del proceso, aunque no óptimos, están en mejor situación y pueden ser ajustados con menos intervención.

4.1.4 Fase 3: Analizar

El objetivo de esta fase es identificar las causas raíz que generan mermas en la producción del arándano en la empresa Agrokasa S.A.C., enfocándonos en los tres CTQ:

- Defectos visibles
- Tamaño fuera de rango
- Sabor no aceptado

a) Análisis de Pareto

Tabla 13

Análisis de Pareto para las dimensiones evaluadas

Tipo de defecto	Frecuencia (%)	Acumulado (%)
Tamaño fuera de rango	28%	28%
Defectos visibles	11%	39%

Tipo de defecto	Frecuencia (%)	Acumulado (%)
Sabor no aceptado	10%	49%
Otras causas menores	51%	100%

Nota. Según el principio de Pareto (80/20), el 49% de los problemas son generados principalmente por el tamaño y la apariencia del fruto. Esto sugiere que debemos enfocar el análisis en esos dos factores.

b) Análisis Causa-Efecto

A continuación, se identifican las posibles causas raíz por categoría:

1. Tamaño fuera del rango

- **Método:** calibración inadecuada del sistema de clasificación
- **Máquina:** sensores de medición con tolerancia alta
- **Mano de obra:** falta de capacitación en estándares de calidad
- **Materia prima:** variabilidad genética de las plantas
- **Medio ambiente:** irregularidad en la exposición solar o riego

2. Defectos visibles

- **Materia prima:** plagas y hongos en etapa de crecimiento
- **Método:** mal manejo poscosecha (empaquete, manipulación)
- **Mano de obra:** falta de uso de guantes, presión excesiva en la recolección
- **Máquina:** contenedores sin recubrimiento protector

3. Sabor no aceptado

- **Método:** cosecha prematura o tardía
- **Materia prima:** uso inadecuado de fertilizantes
- **Medio ambiente:** estrés hídrico o exceso de humedad
- **Medición:** falta de control de grados Brix (índice de dulzor)

Tabla 14**Defecto vs Merma Económica**

Tipo de defecto	Merma (kg/semana)	Pérdida estimada (S/.)
Tamaño fuera del rango	45	450
Defectos visibles	38	380
Sabor no aceptado	30	300
Otros	15	150

Nota. En esta tabla se evidencian qué defectos generan mayores pérdidas económicas, siendo el tamaño y defectos visibles los más costosos.

Conclusión de la fase Analizar

- Las principales causas de merma están relacionadas con el tamaño fuera del rango y los defectos visibles, que representan casi la mitad del problema.
- Las causas raíz se concentran en deficiencias de método, capacitación del personal, y fallas en mantenimiento de maquinaria.
- La empresa debe priorizar intervenciones en estos puntos críticos

4.1.5 Fase 4: Mejorar

En la fase **Mejorar** del ciclo Six Sigma, el objetivo es desarrollar e implementar soluciones que reduzcan la variabilidad y disminuyan los defectos previamente identificados. A partir del análisis realizado en la fase anterior, se proponen las siguientes acciones específicas para mejorar la calidad del arándano en la empresa:

a) Propuestas de mejora para cada CTQ**Tabla 15****CTQ y mejoras**

CTQ	Problema Detectado	Acción de Mejora Propuesta
Tamaño del arándano	28% fuera del rango óptimo	Implementar calibradores automáticos en la línea de selección y capacitar al personal.
Defectos visibles	11% de los frutos presentan daños visuales	Mejorar condiciones de manipulación postcosecha y usar bandejas individuales para transporte.
Sabor	10% no cumple los estándares organolépticos	Evaluar el momento óptimo de cosecha y monitorear grados Brix antes del empaque.

Nota. La tabla presentada identifica los atributos críticos de calidad (CTQ) del arándano y las principales deficiencias detectadas en el proceso productivo, junto con las acciones de mejora propuestas. Se observa que el tamaño del fruto es el problema más relevante, con un 28% fuera del rango óptimo, lo que requiere la incorporación de calibradores automáticos y capacitación del personal para una selección más precisa. En cuanto a los defectos visibles, que afectan al 11% de la producción, se sugiere mejorar las condiciones de manipulación postcosecha y emplear bandejas individuales para reducir daños. Finalmente, el sabor no cumple los estándares en un 10% de los casos, por lo que se recomienda ajustar el momento de la cosecha y realizar un control del grado Brix antes del empaque. En conjunto, la tabla ofrece un diagnóstico claro y medidas específicas orientadas a elevar la calidad del producto final.

b) Pruebas piloto y validación

- Se implementa pruebas piloto durante dos semanas para cada mejora.
- Se mide nuevamente los niveles de defectos, comparando con la línea base inicial.
- Se aplicaron análisis estadístico para verificar la significancia de las mejoras implementadas.

Tabla 16

Mejora de los indicadores

CTQ	Defectos Iniciales (%)	Defectos Después de Mejora (%)	Incremento de rendimiento (%)
Tamaño fuera del rango	28	12	+16
Defectos visibles	11	4	+7
Sabor no aceptado	10	3	+7

Nota. La tabla muestra el impacto de las acciones de mejora implementadas en los CTQ del arándano, evidenciando una reducción significativa de los defectos y un aumento del rendimiento del proceso. En el caso del tamaño fuera de rango, los defectos disminuyeron del 28% al 12%, logrando una mejora de 16 puntos porcentuales, lo que refleja la efectividad del uso de calibradores automáticos y capacitación del personal. Para los defectos visibles, la tasa se redujo de 11% a 4%, con un incremento de 7 puntos en el rendimiento, gracias a mejores condiciones de manipulación y transporte. Finalmente, en el atributo de sabor, la proporción de frutos no aceptados bajó del 10% al 3%, lo que se traduce también en una mejora de 7 puntos, vinculada al monitoreo de grados Brix y a una cosecha más precisa. En conjunto, los resultados confirman que las intervenciones aplicadas fueron exitosas en reducir la variabilidad y elevar la calidad global del producto.

c) Herramientas de calidad empleadas

- **5W2H** para implementar mejoras de forma estructurada.
- **Matriz de priorización** para seleccionar las soluciones con mayor impacto/costo-beneficio.
- **Diagrama de flujo actualizado** con controles de calidad nuevos añadidos al proceso.

d) Aplicación del 5W2H

1. Contexto

Durante la se identificó que el 28% de los arándanos presentaban tamaño fuera del rango. Esto generaba devoluciones por parte del cliente y mayores tiempos de clasificación manual. Se atacara este problema por ser el de mayor incidencia.

2. ¿Cómo se obtuvo la información?

- **What?:** Se entrevistó al supervisor de línea y se propuso automatizar la clasificación por tamaño.
- **Why?:** El 28% de frutas fuera de rango representaba el 80% de las devoluciones.
- **Where?:** Se detectó que el error ocurre en la fase de selección manual.
- **When?:** En los últimos tres meses, especialmente durante las cosechas altas.
- **Who?:** Los encargados de la línea confirmaron que 4 operarios manejan el control de calidad sin equipo técnico.
- **How?:** Se consultó a proveedores y se obtuvo una cotización de calibradores automáticos con instalación y capacitación.
- **How much?:** Cotización real: S/ 8,000. Ahorro por reducción de reproceso: S/ 2,000 mensual.

3. Matriz de Priorización

Criterios usados:

- **Impacto en la calidad (IQ):** Se asignó según % de reducción de defectos estimado en pruebas piloto o experiencia de otras plantas.
- **Costo de implementación (CI):** Se obtuvo por cotizaciones o comparación de precios de mercado.
- **Tiempo de ejecución (TE):** Estimado según cronograma de implementación con margen de error del 10%.

Tabla 17

Matriz de priorización

Mejora propuesta	IQ	Justificación	CI	Justificación	TE	Justificación
Calibrador automático para tamaño	5	Reduce 60% de defectos por tamaño	3	S/ 8,000 (mediano)	4	3 semanas entre compra e instalación
Capacitación en manipulación postcosecha	4	Reduce 50% de defectos visuales	5	Bajo costo: S/ 1,200	5	Puede ejecutarse en 5 días

Mejora propuesta	IQ	Justificación	CI	Justificación	TE	Justificación
Control de grados Brix para el sabor	3	Reduce en 40% rechazo por sabor	4	S/ 3,000 por refractómetro y pruebas	5	Capacitación + implementación: 1 semana
Transporte con bandejas	3	Mejora visual, reduce 30% golpes	3	Coste bajo: S/ 2,000 por bandejas	4	Se adapta en menos de 2 semanas

Nota. La tabla presenta la matriz de priorización de mejoras para optimizar la calidad del arándano, evaluando tres criterios: impacto en la calidad (IQ), costo de implementación (CI) y tiempo de ejecución (TE). El calibrador automático para tamaño obtuvo el puntaje máximo en impacto (5), al reducir hasta un 60% de defectos por tamaño, aunque con un costo medio (S/ 8,000) y un tiempo de instalación de tres semanas. La capacitación en manipulación postcosecha destaca por su bajo costo (S/ 1,200) y rápida implementación (5 días), logrando reducir en un 50% los defectos visuales. El control de grados Brix requiere una inversión de S/ 3,000 y una semana de implementación, con un impacto moderado (40% menos de rechazos por sabor). Finalmente, el uso de bandejas en transporte presenta bajo costo (S/ 2,000) y rápida adaptación (menos de 2 semanas), reduciendo un 30% los daños visuales. En conjunto, la matriz permite jerarquizar las acciones según costo-beneficio e impacto esperado.

e) Diagrama de Flujo Mejorado

1. Antes del cambio (flujo básico real observado):

Problemas detectados:

- Golpes en transporte.
- Falta de criterios estandarizados en selección visual.
- Rechazos por tamaño y sabor.

2. Detalle del cambio:

Tras el análisis de datos, se realizó una reunión con el equipo de mejora donde se implementaron:

- Uso de bandejas individuales en transporte, que reduce los golpes en un 30%.
- Instalación de calibradores automáticos para separar los frutos según tamaño.
- Adopción de refractómetro para grados Brix, que permite verificar el sabor antes del empaque.
- Capacitación al personal de selección, mejorando la detección de defectos visibles.

3. Resultado esperado:

- Reducción del DPMO total de 89,000 a 43,000.
- Rendimiento sigma subió de 2.9 a 3.5.
- Cp mejora de 0.84 a 1.2.

4.1.6 Fase control

El objetivo de esta fase es establecer controles, monitoreo y estandarización para mantener los niveles óptimos de calidad alcanzados tras las mejoras.

Estandarización de procesos

Tabla 18

Herramientas aplicadas

Actividad	Estándar implementado	Responsable
Recolección	Manual de buenas prácticas agrícolas (BPA) + pictogramas visuales	Supervisor de campo
Clasificación	Procedimiento técnico de calibrado con checklist diario	Técnico de calibración
Inspección final	Hoja de inspección por lote + doble validación	Jefe de control de calidad
Empaque	Ficha técnica de etiquetado automático	Operador de línea

Nota. La tabla expone el sistema de estandarización aplicado en las etapas críticas del proceso de producción de arándanos, vinculando cada actividad con el estándar implementado y el responsable designado. En la recolección, se emplea un manual de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) apoyado en pictogramas visuales, bajo la supervisión del encargado de campo, lo que facilita la uniformidad y comprensión de las tareas. En la fase de clasificación, se utiliza un procedimiento técnico de calibrado respaldado por un checklist diario, cuya aplicación corresponde al técnico de calibración, garantizando que los frutos se ajusten a los parámetros de tamaño. La inspección final se realiza mediante una hoja de verificación por lote acompañada de doble validación, a cargo del jefe de control de calidad, lo que refuerza la confiabilidad del proceso. Finalmente, el empaque se gestiona con una ficha técnica de etiquetado automático operada por el personal de línea, asegurando precisión y consistencia en la presentación del producto. En conjunto, la tabla evidencia cómo la implementación de estándares y la asignación clara de responsabilidades permiten fortalecer la trazabilidad, minimizar errores y asegurar la calidad del producto exportable.

2. Monitoreo y medición

Tabla 19

KPIs definidos (mensual):

Indicador		Meta	Frecuencia de revisión	Herramienta
% de fruta exportable		$\geq 92\%$	Semanal	Dashboard Excel
% de merma diaria		$\leq 5\%$	Diario	Registro digital
Tiempo procesamiento	promedio de	≤ 100 min	Quincenal	Cronograma
Reclamos por calidad		≤ 2	Mensual	Plataforma de trazabilidad

Nota. La tabla presenta un sistema de indicadores de control de calidad y eficiencia que permite monitorear el desempeño del proceso productivo de arándanos. El porcentaje de fruta exportable tiene como meta alcanzar al menos el 92%, evaluándose semanalmente mediante un dashboard en Excel, lo que facilita la toma de decisiones rápidas. La merma diaria debe mantenerse en un nivel máximo del 5%, siendo registrada de forma digital y

revisada cada día para controlar pérdidas inmediatas. En cuanto al tiempo promedio de procesamiento, se busca que no supere los 100 minutos, evaluándose quincenalmente con apoyo de cronogramas que aseguren fluidez en la operación. Finalmente, los reclamos por calidad deben ser menores o iguales a 2 por periodo, y se gestionan mensualmente a través de una plataforma de trazabilidad que permite identificar y corregir fallas en la cadena. En conjunto, estos indicadores proporcionan un esquema integral de seguimiento y control que combina metas claras, frecuencia definida y herramientas digitales para asegurar la mejora continua del proceso.

3. Plan de acción correctiva

Tabla 20

Plan de acción correctiva

Desvío detectado	Indicador asociado	Acción inmediata	Acción preventiva	Responsable	Tiempo de respuesta
Mermas > 7% por 2 días seguidos	% de merma diaria	Auditoría de recolección y recalibración del calibrador	Implementar checklist diario de calibración y reforzar capacitación	Jefe de operaciones	24 horas
Fruta blanda en empaque	% de fruta exportable	Evaluación de temperatura de almacenamiento y retiro de lote afectado	Ajustar parámetros de refrigeración y monitoreo digital cada 2 horas	Supervisor de frío	Inmediato
Tamaño fuera de rango > 15%	% de fruta exportable	Inspección rápida de calibrador automático y ajuste de sensores	Programa de mantenimiento preventivo semanal	Técnico de calibración	12 horas
Defectos visibles > 8%	% de defectos visibles	Revisión del proceso de manipulación y cambio de bandejas dañadas	Capacitación trimestral en manipulación postcosecha	Supervisor de línea	24 horas
Reclamos por calidad > 2 en el mes	Nº de reclamos	Contacto inmediato con cliente y análisis de causa raíz	Implementación de acciones correctivas documentadas en plataforma de trazabilidad	Jefe de control de calidad	48 horas

La tabla mejorada corresponde a un plan de reacción dentro de la metodología Six Sigma, diseñado para garantizar la estabilidad del proceso de producción de arándanos mediante la detección temprana de desviaciones y la aplicación de acciones correctivas y preventivas. Cada posible desvío (como un exceso de merma, fruta blanda en empaque, tamaño fuera de rango, defectos visibles o reclamos de clientes) está vinculado con un indicador clave de desempeño, lo que facilita su monitoreo. Para cada caso, se establecen acciones inmediatas orientadas a contener el problema y acciones preventivas que buscan evitar su recurrencia, asignando responsables específicos y tiempos de respuesta definidos.

4. Auditorías de calidad

La auditoría de control de calidad constituye un mecanismo clave para garantizar la mejora continua de los procesos. Esta se ejecutó con una frecuencia quincenal, utilizando una lista de verificación compuesta por 20 ítems, diseñada para evaluar de manera sistemática los estándares establecidos. La responsabilidad recae en un auditor interno, mientras que cada tres meses se incorpora la supervisión de un auditor externo, con el fin de otorgar mayor objetividad y confiabilidad a los resultados. En la última auditoría aplicada, se obtuvo un 92% de cumplimiento, cifra que no solo supera el mínimo aceptable del 85%, sino que también evidencia un control eficiente de las actividades operativas y una adecuada implementación de los protocolos de calidad. Este resultado respalda la solidez del sistema de gestión y contribuye a la toma de decisiones orientadas a la optimización de los procesos y la reducción de posibles desviaciones.

5. Documentación y mejora continua

La empresa ha fortalecido su control interno mediante la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) digitalizado, el cual permite generar reportes diarios que facilitan el monitoreo constante de los procesos. Asimismo, se estableció un registro en bitácoras para documentar de manera sistemática cualquier incidente o desviación, garantizando así la trazabilidad y la respuesta oportuna frente a problemas detectados. Como complemento, se activa de forma periódica un comité mensual de revisión de calidad, en el que participan tanto jefes como operarios, fomentando la comunicación horizontal y la toma de decisiones conjuntas. Este enfoque integral no solo mejora la eficiencia en la detección y

resolución de no conformidades, sino que también promueve una cultura organizacional orientada a la calidad, la transparencia y la mejora continua.

Tabla 20

Resultados tras control (3 meses después)

Indicador	Mes 1	Mes 2	Mes 3
% fruta exportable	92%	93%	94%
Merma promedio	5.2%	4.8%	4.5%
Reclamos calidad	3	1	1

Conclusión

Con la fase de control, se asegura la sostenibilidad del rendimiento alcanzado. Las acciones estandarizadas, el seguimiento mediante KPIs y auditorías continuas permiten un proceso sólido de exportación de arándano de alta calidad. El modelo puede replicarse y escalarse a otras áreas del agro.

Herramientas usadas en la estandarización de procesos

1. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

En el caso de la recolección de arándano, se ha establecido un documento técnico que reúne los lineamientos esenciales para garantizar una cosecha adecuada. Dicho documento incluye prácticas como el uso obligatorio de guantes, la manipulación cuidadosa del fruto y la observancia estricta de normas de higiene personal, todas orientadas a mantener la calidad del producto desde el primer eslabón de la cadena. El objetivo central de esta normativa es reducir al mínimo tanto el daño mecánico como el riesgo de contaminación, aspectos críticos para asegurar la inocuidad y el cumplimiento de estándares internacionales de exportación. Este instrumento se clasifica como una herramienta normativa preventiva, pues no solo estandariza las operaciones de campo, sino que también actúa de forma anticipada, evitando desviaciones que podrían generar pérdidas económicas o afectar la reputación de la empresa en los mercados externos.

2. Pictogramas visuales

En el ámbito del campo y las áreas operativas, se han implementado señales visuales estandarizadas que cumplen la función de reforzar las instrucciones más relevantes del proceso productivo. Estos pictogramas transmiten mensajes claros y directos, como “No tocar el fruto con las manos sucias” o “No recolectar fruta caída”, lo que contribuye a uniformizar las prácticas entre los trabajadores. Su objetivo principal es garantizar la correcta comprensión de los estándares de calidad y seguridad, sobre todo entre operarios con limitaciones en la lectura o formación técnica, quienes pueden asimilar más fácilmente las indicaciones mediante recursos gráficos. En este sentido, constituye una herramienta de comunicación visual estandarizada que fortalece la cultura de calidad en la organización, minimizando errores humanos y promoviendo un entorno de trabajo más eficiente y alineado a los requisitos de exportación.

3. Procedimientos Operativos Estandarizados (POE o SOP)

En la fase de clasificación y calibrado del arándano, el procedimiento operativo estandarizado consiste en un conjunto de instrucciones detalladas y secuenciadas que describen qué herramienta usar (calibradores automáticos y manuales, vernier, básculas), cómo ejecutarla (pasos precisos de ajuste y verificación), los tiempos y frecuencias de control (chequeo al inicio de cada turno y muestreos aleatorios cada X canastillas) y los registros obligatorios (checklist diario, bitácora de calibración). Su finalidad es garantizar la uniformidad dimensional y la consistencia de calidad entre lotes, minimizando la variabilidad de proceso y reduciendo rechazos por calibre; además establece criterios de aceptación/rechazo, límites de ajuste, responsables de cada actividad y acciones correctivas inmediatas ante desviaciones. Como herramienta de control de procesos, incorpora mecanismos de trazabilidad (número de lote, operario, hora), mantenimiento preventivo del equipo y retroalimentación para formación continua del personal, lo que permite además integrar la información al sistema de indicadores (KPIs) y alimentar ciclos de mejora (DMAIC) para sostener la capacidad y la conformidad del proceso en el tiempo.

4. Checklists o Listas de Verificación

En la etapa de clasificación y control final, se utilizan listas de verificación con criterios técnicos preestablecidos que incluyen parámetros críticos como la dureza del fruto, la ausencia de hongos, el cumplimiento del calibre óptimo y la integridad del empaque. Estas listas funcionan como un mecanismo sistemático de inspección, donde cada lote es evaluado

antes de avanzar hacia el empaque y exportación. El objetivo central es garantizar que únicamente los arándanos que cumplen con los requisitos de calidad establecidos lleguen al cliente, minimizando rechazos posteriores y protegiendo la reputación de la empresa en mercados internacionales. Como herramienta de control de calidad por atributos, este enfoque permite identificar de forma rápida y objetiva si el producto cumple o no con los estándares, facilitando la toma de decisiones inmediatas respecto al reproceso, descarte o liberación del lote. Asimismo, asegura trazabilidad en los registros, fomenta la disciplina operativa y se integra con sistemas de gestión de calidad, fortaleciendo la confianza en la consistencia del proceso productivo.

5. Hoja de Inspección por Lote

En la fase de inspección final, se aplica un registro formal de resultados provenientes del control visual y sensorial de la fruta previo al envasado. Este procedimiento permite verificar parámetros clave como color, textura, firmeza y apariencia general, asegurando que los lotes cumplan con los exigentes estándares internacionales de exportación. Su objetivo principal es detectar de manera oportuna los lotes no conformes para ser rechazados o derivados a reproceso, evitando que productos defectuosos lleguen al cliente final y comprometan la reputación de la empresa. Como herramienta de control estadístico de calidad, este registro no solo documenta los hallazgos, sino que también genera información valiosa para el análisis de tendencias, la identificación de causas recurrentes de defectos y la implementación de mejoras continuas en el proceso productivo. De esta manera, se garantiza la trazabilidad del control, se refuerza la disciplina operativa y se eleva la confiabilidad de la cadena de suministro.

6. Ficha Técnica de Etiquetado Automático

En la etapa de empaque, se emplea un documento técnico que especifica de manera detallada los requisitos del etiquetado, incluyendo información como el código de lote, el país de destino, el peso exacto y la variedad del arándano. Este estándar garantiza que cada caja o contenedor pueda ser identificado con precisión en cualquier punto de la cadena logística. El objetivo central es asegurar la trazabilidad del producto exportado, de modo que, ante cualquier desviación en calidad o reclamo del cliente, sea posible rastrear el origen del lote y tomar acciones correctivas inmediatas. Como herramienta de control documental y de trazabilidad, este mecanismo no solo asegura el cumplimiento de normativas

internacionales, sino que también fortalece la confianza de los mercados de destino al ofrecer información clara, verificable y transparente sobre el producto. Además, contribuye a la gestión eficiente de inventarios y al mantenimiento de registros confiables que respaldan auditorías y certificaciones de calidad.

Estas herramientas combinadas permiten asegurar que el proceso de producción del arándano sea estandarizado, controlado y sostenible en el tiempo, con un enfoque claro hacia la calidad exportable.

4.2 Análisis inferencial

Tabla 21
Fiabilidad del instrumento

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,968	20

Nota. La tabla de estadísticas de fiabilidad muestra un Alfa de Cronbach de 0.968 para un total de 20 ítems evaluados, lo que indica un nivel de consistencia interna excelente en el instrumento de medición utilizado. Este valor refleja que los ítems están altamente correlacionados entre sí y miden de manera coherente la misma dimensión o constructo, reduciendo significativamente el riesgo de error aleatorio. En términos prácticos, se puede afirmar que el cuestionario o lista de verificación aplicada es estadísticamente confiable y adecuada para su uso en la investigación, ya que supera ampliamente el umbral aceptable de 0.70 y se acerca al valor máximo de 1, considerado como fiabilidad perfecta.

Tabla 22**Prueba de normalidad**

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra						
		Metodología six sigma	Calidad del arándano	Tamaño	Ausencia de defectos visibles	Sabor
N		50	50	50	50	50
Parámetros normales ^{a,b}	Media	47,1200	48,3200	14,3200	14,6000	19,4000
	Desv. Desviación	3,46787	3,01317	1,11465	,88063	1,10657
Máximas diferencias extremas	Absoluto	,286	,411	,429	,475	,406
	Positivo	,203	,289	,271	,325	,294
	Negativo	-,286	-,411	-,429	-,475	-,406
Estadístico de prueba		,286	,411	,429	,475	,406
Sig. asintótica(bilateral)		,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c

Nota. La tabla de la prueba de Kolmogorov-Smirnov aplicada a las variables Metodología Six Sigma, Calidad del arándano, Tamaño, Ausencia de defectos visibles y Sabor (todas con $n = 50$) evidencia que los datos no siguen una distribución normal. Las máximas diferencias extremas muestran valores elevados, oscilando entre 0.286 y 0.475, lo cual refleja una desviación marcada respecto a la normalidad teórica. Asimismo, los valores de significancia asintótica bilateral son $p = 0.000$ en todos los casos (< 0.05), lo que obliga a rechazar la hipótesis nula de normalidad. En consecuencia, los resultados sugieren que estas variables presentan una distribución no normal, por lo que los análisis posteriores deberán apoyarse en estadística no paramétrica o considerar técnicas de transformación de datos para garantizar la validez de los resultados.

Considerando el tipo de investigación y los resultados de la prueba de normalidad, se utilizará el estadístico Rho de Spearman

a) El estadístico Rho de Spearman

El estadístico que mide la fuerza y dirección en una correlación de datos no paramétricos Rho de Spearman es la prueba utilizada cuando no se puede aplicar el estadístico de correlación de Pearson y cuando se tienen variables cuantitativas. Para este estadístico la prueba de hipótesis será la siguientes:

H₀: X y Y son mutuamente independientes

H₁: X y Y no son mutuamente independientes

Para el nivel de significancia utilizado en la investigación ($\alpha = 0.05$), se tiene que:

Se acepta **H₀** y se rechaza **H₁** si $p \geq 0.05$

Se acepta **H₁** y se rechaza **H₀** si $p \leq 0.05$

Una vez hecha la prueba de hipótesis, se efectúa la medición de la fuerza y dirección, la cual será determinada por el valor de la correlación encontrado. Para medir la fuerza, esta estará determinada por el valor encontrado, siendo esta más alta mientras más se acerque al 1 y más baja mientras más cerca se encuentre del 0. Para medir la dirección, se determinará mediante el signo del valor de correlación encontrado, siendo el signo + la dirección puesta en la prueba de hipótesis y siendo el signo – una dirección inversa a lo puesto en la prueba de hipótesis

Interpretación de los datos de estadístico Rho de Spearman

Para poder brindar una interpretación adecuada, se tomará en cuenta la siguiente tabla:

Valor de <i>rho</i>	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0.9 a -0.99	Correlación negativa muy alta
-0.7 a -0.89	Correlación negativa alta
-0.4 a -0.69	Correlación negativa moderada
-0.2 a -0.39	Correlación negativa baja
-0.01 a -0.19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0.01 a 0.19	Correlación positiva muy baja
0.2 a 0.39	Correlación positiva baja
0.4 a 0.69	Correlación positiva moderada
0.7 a 0.89	Correlación positiva alta
0.9 a 0.99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Nota. Tomado de Martinez y Campos (2015). Correlación entre Actividades de Interacción Social Registradas con Nuevas Tecnologías y el grado de Aislamiento Social en los Adultos Mayores.

Contrastación de hipótesis

Prueba de hipótesis

Prueba de hipótesis general

Ho: La Metodología six sigma no tiene un impacto significativo en la calidad del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025.

H1: La Metodología six sigma tiene un impacto significativo en la calidad del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025.

Nivel de significancia

El nivel de significancia tomado en cuenta para rechazar la hipótesis nula es de $\alpha=0.05$

Tabla 23

Prueba de asociación de hipótesis general

		Metodología six sigma	Calidad del arándano
Rho de Spearman	variable1	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	,833**
		N	50
	variable2	Coefficiente de correlación	,833**
		Sig. (bilateral)	1,000
		N	50

Nota. El análisis de correlación de Spearman evidenció un coeficiente de $\rho = 0.833$ con un nivel de significancia de $p < 0.001$, lo que indica una correlación positiva fuerte entre la implementación de la metodología Six Sigma y la calidad del arándano en la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025. Dado que el valor p es menor al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (H1), confirmando que la aplicación de Six Sigma tiene un impacto estadísticamente significativo en la mejora de la calidad del producto.

Prueba de hipótesis específica 1

Prueba de hipótesis específica 1

Ho: La Metodología six sigma no tiene un impacto significativo en el tamaño del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025.

H1: La Metodología six sigma tiene un impacto significativo en el tamaño del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025.

Nivel de significancia

El nivel de significancia tomado en cuenta para rechazar la hipótesis nula es de $\alpha=0.05$

Tabla 24

Prueba de asociación de hipótesis específica 1

		Metodología six sigma	Tamaño del arándano
Rho de Spearman	variable1	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	,8473**
		N	,000
	Dimension1	N	50
		Coefficiente de correlación	50
		Sig. (bilateral)	,833**
			1,000
			,000
			.
			50
			50
			50

Nota. El análisis de correlación de Spearman mostró un coeficiente de $\rho = 0.847$ con un nivel de significancia de $p < 0.001$, lo que refleja una correlación positiva muy fuerte entre la aplicación de la metodología Six Sigma y el tamaño del arándano en la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025. Dado que el valor p es inferior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (H1), lo que confirma que la implementación de Six Sigma tiene un impacto estadísticamente significativo en la mejora del tamaño del fruto.

Prueba de hipótesis específica 2

Ho: La Metodología six sigma no tiene un impacto significativo en la ausencia de defectos visibles del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025.

H1: La Metodología six sigma tiene un impacto significativo en la ausencia de defectos visibles del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025.

Nivel de significancia

El nivel de significancia tomado en cuenta para rechazar la hipótesis nula es de $\alpha=0.05$

Tabla 25

Prueba de asociación de hipótesis específica 2

		Metodología six sigma	Ausencia de defectos visibles
Rho de Spearman	variable1	Coeficiente de correlación	,717**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	50
	Dimension2	Coeficiente de correlación	,717**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	50

Nota. El análisis de correlación de Spearman arrojó un coeficiente de $\rho = 0.717$ con un nivel de significancia de $p < 0.001$, lo que evidencia una correlación positiva fuerte entre la metodología Six Sigma y la ausencia de defectos visibles en los arándanos de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025. Al ser el valor p menor que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), concluyéndose que la aplicación de Six Sigma tiene un impacto estadísticamente significativo en la reducción de defectos visibles en el fruto.

Prueba de hipótesis específica 3

H_0 : La Metodología six sigma no tiene un impacto significativo en el sabor del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025.

H_1 : La Metodología six sigma tiene un impacto significativo en el sabor del arándano de la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025.

Nivel de significancia

El nivel de significancia tomado en cuenta para rechazar la hipótesis nula es de $\alpha=0.05$

Tabla 26**Prueba de asociación de hipótesis específica 3**

		Metodología six sigma	Sabor
Rho de Spearman	variable1	Coeficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	.
		N	50
	Dimension3	Coeficiente de correlación	,831**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	50

Nota. El análisis de correlación de Spearman muestra un coeficiente de $\rho = 0.831$ con un nivel de significancia de $p < 0.001$, lo que indica una correlación positiva fuerte entre la aplicación de la metodología Six Sigma y la mejora del sabor del arándano en la empresa Agrokaša S.A.C. – Supe – 2025. Dado que el valor p es menor que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1). Esto permite concluir que la implementación de Six Sigma tiene un impacto estadísticamente significativo en el aseguramiento de la calidad organoléptica del fruto, contribuyendo a que cumpla con los estándares de sabor exigidos en el mercado.

CAPITULO V

DISCUSION

Los resultados de esta investigación evidencian que la aplicación de la metodología Six Sigma tiene un impacto estadísticamente significativo en la calidad del arándano en la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe ($p = 0.833$; $p < 0.001$). Este hallazgo se alinea con lo reportado por Adrianzen (2024), quien concluyó que la implementación de Six Sigma incrementó en 30% la producción de azúcar rubia en Agroindustrial Laredo S.A.A., reflejando una clara asociación entre la metodología y la optimización de procesos productivos. Asimismo, Camayo (2022) y Garnique (2023) obtuvieron resultados similares en empresas agroindustriales peruanas, donde la productividad se incrementó significativamente tras aplicar Lean Six Sigma y Six Sigma, lo cual coincide con el presente estudio al demostrar mejoras sustanciales en dimensiones específicas de la calidad del fruto como tamaño ($p = 0.847$; $p < 0.001$), sabor ($p = 0.831$; $p < 0.001$) y reducción de defectos visibles ($p = 0.717$; $p < 0.001$).

A nivel internacional, los hallazgos también encuentran respaldo. Hidalgo y Romero (2020) comprobaron que Six Sigma permitió identificar fallas en la transmisión de maquinaria agrícola, mejorando su confiabilidad operativa, lo cual coincide con la reducción de defectos en el arándano observada en Agrokasa. Del mismo modo, Sánchez et al. (2020) evidenciaron que la metodología permitió detectar variaciones en el llenado de néctares, asegurando el cumplimiento de estándares de calidad, en sintonía con los resultados obtenidos en esta investigación respecto a la consistencia del sabor y la estandarización del tamaño del fruto. Además, Ortiz (2020) y Polanco (2021) señalaron que Six Sigma contribuye tanto en pequeñas como grandes empresas al incremento de la competitividad y reducción de costos, lo que complementa los beneficios observados en el sector agroindustrial de exportación.

En suma, la presente investigación no solo confirma lo expuesto en estudios previos, sino que aporta evidencia empírica en el contexto específico de la producción de arándanos, un sector clave para la agroexportación peruana. La fuerte correlación identificada en todas las dimensiones evaluadas respalda la hipótesis de que Six Sigma constituye una estrategia eficaz para garantizar altos estándares de calidad, reduciendo defectos, optimizando

procesos y generando ventajas competitivas sostenibles en mercados internacionales altamente exigentes.

Para la hipótesis general, el análisis estadístico mostró una correlación positiva fuerte ($\rho = 0.833$; $p < 0.001$) entre la metodología Six Sigma y la calidad del arándano en Agrokasa S.A.C., confirmando que su aplicación impacta de manera significativa en la mejora del producto. Estos resultados son coherentes con lo hallado por Adrianzen (2024), quien evidenció un incremento de la productividad en el proceso de azúcar rubia tras aplicar Six Sigma, y con Rengifo y Gálvez (2023), quienes demostraron mejoras del 30% en productividad en la empresa Cartolan. Asimismo, a nivel internacional, Ortiz (2020) destacó que Six Sigma incrementa la competitividad y reduce reprocesos en Pymes latinoamericanas, lo cual coincide con la evidencia de que la metodología favorece la estandarización de procesos y la optimización de la calidad en el sector agroindustrial.

Para la hipótesis específica 1, Los resultados evidenciaron una correlación positiva muy fuerte ($\rho = 0.847$; $p < 0.001$) entre Six Sigma y el tamaño del arándano, lo que confirma que la metodología contribuye a la uniformidad y mejora de esta característica. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Garnique (2023), quien en su estudio sobre la producción de arándanos en La Libertad demostró que Six Sigma mejoró la productividad de 86.48% a 93.82% gracias a la reducción de pérdidas y mejor manipulación del fruto. De igual manera, Polanco (2021) señaló que Six Sigma permite reducir la variación en los procesos constructivos, lo que extrapolado al sector agrícola explica la reducción de variabilidad en el tamaño de los frutos. Así, la metodología asegura productos más homogéneos, condición esencial para mercados internacionales donde la clasificación del fruto por calibre determina su valor comercial.

Para la hipótesis específica 2, se halló una correlación positiva fuerte ($\rho = 0.717$; $p < 0.001$) entre la aplicación de Six Sigma y la reducción de defectos visibles en los arándanos. Este resultado encuentra sustento en lo señalado por Hidalgo y Romero (2020), quienes mostraron que la metodología permitió identificar y corregir fallas en la transmisión de cosechadoras, aumentando la confiabilidad del sistema; de manera similar, en Agrokasa la metodología permitió disminuir fallos en la apariencia del fruto. Asimismo, Sánchez et al. (2020) identificaron que Six Sigma ayudó a controlar la variación en el peso de envases de néctar, reduciendo pérdidas económicas por incumplimiento de estándares de calidad. Esto

se relaciona con la reducción de defectos visibles en el presente estudio, ya que en ambos casos la metodología contribuye a garantizar que el producto final cumpla con las exigencias del cliente, reduciendo rechazos y reprocesos.

Para la hipótesis específica 3, el análisis mostró una correlación positiva fuerte ($\rho = 0.831$; $p < 0.001$) entre la metodología Six Sigma y la mejora del sabor del arándano, lo que confirma su efectividad en la dimensión organoléptica del producto. Este resultado es coherente con lo reportado por Camayo (2022), quien demostró que Lean Six Sigma elevó la productividad en una empresa agroindustrial al optimizar procesos de producción, garantizando calidad en el producto final. De manera complementaria, Alejandro (2021) observó que la metodología incrementó la productividad de 60.27% a 66.60% en una embotelladora, mejorando la capacidad de proceso y manteniendo estándares de calidad. A nivel internacional, Ortiz (2020) destacó que la metodología incrementa la satisfacción del cliente, lo que coincide con el presente estudio, pues el sabor es un atributo clave en la aceptación del arándano en mercados globales. Así, Six Sigma se confirma como una herramienta que no solo mejora procesos técnicos, sino que también impacta en la experiencia del consumidor.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En relación con la hipótesis general, los resultados permiten concluir que la metodología Six Sigma sí tiene un impacto significativo en la calidad del arándano producido por la empresa Agrokasa S.A.C. – Supe – 2025. La evidencia empírica obtenida mediante el coeficiente de correlación de Spearman y los valores de significancia ($p < 0.05$) confirman que la implementación de Six Sigma favorece directamente la optimización de los procesos productivos, garantizando frutos con mejores características físicas y organolépticas. Esto demuestra que el uso de herramientas de mejora continua no solo incrementa la eficiencia operativa, sino que también asegura una mayor competitividad en mercados internacionales cada vez más exigentes.

Respecto a la hipótesis específica 1, se concluye que la metodología Six Sigma tiene un impacto positivo en el tamaño del arándano. El coeficiente de correlación de 0.847 evidenció una relación fuerte entre la aplicación de Six Sigma y la obtención de frutos de mayor tamaño y uniformidad. Esto confirma que la reducción de la variabilidad en los procesos agrícolas permite estandarizar el producto y cumplir con los estándares de exportación, generando un valor agregado a la producción.

En cuanto a la hipótesis específica 2, se determinó que la metodología Six Sigma influye significativamente en la ausencia de defectos visibles en el arándano. El coeficiente de correlación de 0.717 indicó una relación positiva y significativa, lo cual refleja que esta metodología contribuye a reducir imperfecciones como manchas, daños mecánicos o alteraciones en la piel del fruto. Esta mejora en la apariencia externa asegura una mayor aceptación en los mercados de destino y disminuye el índice de pérdidas por descarte.

Finalmente, respecto a la hipótesis específica 3, los resultados mostraron que la metodología Six Sigma tiene un impacto importante en el sabor del arándano. El coeficiente de correlación de 0.831 evidenció que el control y estandarización de procesos repercute también en la calidad organoléptica del producto, asegurando frutos más agradables para el consumidor final. Esta dimensión demuestra que la metodología no se limita a aspectos

físicos del cultivo, sino que también potencia factores cualitativos que inciden directamente en la satisfacción del cliente y en la fidelización de mercados internacionales.

En síntesis, los hallazgos de esta investigación confirman que la aplicación de la metodología Six Sigma constituye una estrategia efectiva para la mejora de la calidad del arándano en Agrokasa S.A.C., abarcando desde su tamaño y apariencia física hasta su sabor, lo que fortalece el posicionamiento de la empresa en la agroexportación.

6.2 Recomendaciones

En primer lugar, se recomienda que la empresa Agrokasa S.A.C. institucionalice la metodología Six Sigma como parte de su sistema de gestión de calidad, no solo en procesos de producción del arándano, sino también en actividades conexas como logística, almacenamiento y transporte. La integración de esta metodología permitirá reducir la variabilidad en todas las etapas de la cadena productiva, asegurando la consistencia en el tamaño, ausencia de defectos y sabor de la fruta destinada a la exportación.

Asimismo, es necesario que la empresa implemente programas permanentes de capacitación y especialización para su personal agrícola y técnico en herramientas Six Sigma. Una fuerza laboral con dominio en estadística aplicada, control de procesos y análisis de indicadores permitirá que las mejoras alcanzadas se mantengan en el tiempo y no dependan únicamente de la intervención puntual de especialistas externos.

Por otro lado, se recomienda reforzar el monitoreo continuo de la calidad del arándano mediante sistemas de control estadístico de procesos (SPC). Esto permitirá identificar de manera temprana cualquier desviación en aspectos como el tamaño, la textura o el sabor, y aplicar acciones correctivas inmediatas antes de que el problema impacte en la producción total o en los embarques de exportación.

De igual forma, se aconseja establecer alianzas estratégicas con centros de investigación agrícola y universidades, con el fin de innovar en técnicas de cultivo y poscosecha que complementen la metodología Six Sigma. Esta cooperación permitirá generar conocimiento científico aplicado al campo y asegurar la mejora constante de los estándares de calidad del arándano.

Finalmente, se sugiere que la empresa destine recursos a la incorporación de tecnologías de precisión agrícola, como sensores, drones y software de análisis de datos, que permitan optimizar el riego, la fertilización y el control de plagas. Estas herramientas, alineadas a la metodología Six Sigma, no solo incrementarán la productividad y calidad de la fruta, sino que también fortalecerán la sostenibilidad ambiental y económica de la producción a largo plazo.

CAPITULO VII REFERENCIAS

7.1 Fuentes bibliográficas

Parvatiyar, A., & Sheth, J. N. (2001). Customer relationship management: Emerging practice, process, and discipline. *Journal of Economic & Social Research*, 3(2).

Kamakura, W., Mela, C. F., Ansari, A., Bodapati, A., Fader, P., Iyengar, R.,... & Wedel, M. (2005). Choice models and customer relationship management. *Marketing Letters*, 16(3), 279-291.

Weckenmann, A., Akkasoglu, G., & Werner, T. (2015). Quality management– history and trends. *The TQM Journal*, 27(3), 281-293.

Andersson, R., Eriksson, H. and Torstensson, H. (2006). Similarities and differences between TQM, six sigma and lean. *The TQM Magazine*, 18(3), pp.282-296.

Binghai Zhou Tao Peng, (2017),” Scheduling the in-house logistics distribution for automotive assembly lines with just-in-time principles “, *Assembly Automation*, Vol. 37 Iss 1 pp. 51 – 63.

Gurinder Singh Inderpreet Singh Ahuja, (2015),” An evaluation of just-in-time initiatives in the Indian industries”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 32 Iss 6 pp.

Alireza Shokri, (2017), " Quantitative analysis of Six Sigma, Lean and Lean Six Sigma research publications in last two decades ", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 34 Iss 5 pp.

Pedro Alexandre de Albuquerque Marques Robert Matthé, (2017)," Six Sigma DMAIC project to improve the performance of an aluminum die casting operation in Portugal ", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 34 Iss 2 pp. 307 – 330.

- Steven Cox Virginia Elton John A. Garside Apostolos Kotsialos João Victor Marmo Lorena Cunha Grant Lennon Chris Gill, (2016),"A new method to improve the objectivity of early Six Sigma analysis", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 33 Iss 9 pp. 1364 – 1393. 224
- Jiju Antony Gijo E.V. Vikas Kumar Abhijeet Ghadge, (2016),"A multiple case study analysis of Six Sigma practices in Indian manufacturing companies", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 33 Iss 8 pp.
- Antony, J., Snee, R. and Hoerl, R. (2017). Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(7), pp.1073-1093.
- Prashar, A. (2017). Integration of Taguchi and Shainin DOE for Six Sigma improvement: an Indian case. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(7), pp.898-924.
- Ravichandran Joghee, (2017),"Control chart for high-quality processes based on Six Sigma quality", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 34 Iss 1 pp. 2 – 17.
- Aamer, A. M., Aamer, A. M., Al-Awlaqi, M. A., Al-Awlaqi, M. A., Alkibsi, S. M., & Alkibsi, S. M. (2017). TQM implementation in a least developed country: an exploratory study of Yemen. *The TQM Journal*, 29(3), 467-487.
- Zwain, A. A. A., Zwain, A. A. A., Lim, K. T., Lim, K. T., Othman, S. N., & Othman, S. N. (2017). TQM and academic performance in Iraqi HEIs: associations and mediating effect of KM. *The TQM Journal*, 29(2), 357-368.
- Veltmeyer, J., Veltmeyer, J., Mohamed, S., & Mohamed, S. (2017). Investigation into the hierarchical nature of TQM variables using structural modelling. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(4), 462-477.

- Banuro, F. Y., Ntiri-Ampomah, A., & Banuro, J. K. (2017). Contradictions in TQM implementation: a proposed balance from the Ghanaian perspective. *The TQM Journal*, (just-accepted), 00-00.
- Arunachalam, T., Arunachalam, T., Palanichamy, Y., & Palanichamy, Y. (2017). Does the soft aspects of TQM influence job satisfaction and commitment? An empirical analysis. *The TQM Journal*, 29(2), 385-402.
- Arunachalam, T., Arunachalam, T., Palanichamy, Y., & Palanichamy, Y. (2017). Does the soft aspects of TQM influence job satisfaction and commitment? An empirical analysis. *The TQM Journal*, 29(2), 385-402. 225
- Kumar, V., Kumar, V., Sharma, R. R. K., & Sharma, R. R. K. (2017). Relating management problem-solving styles of leaders to TQM focus: an empirical study. *The TQM Journal*, 29(2), 218-239.
- Kim, D. Y., Kumar, V., & Kumar, U. (2012). Relationship between quality management practices and innovation. *Journal of operations management*, 30(4), 295-315.
- Fallah Ebrahimi, Z., Wei Chong, C., & Hosseini Rad, R. (2014). TQM practices and employees' role stressors. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 31(2), 166-183. 23.
- Maher Altayeb, M., & Bashir Alhasanat, M. (2014). Implementing total quality management (TQM) in the Palestinian construction industry. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 31(8), 878-887.
- Talib, F., Rahman, Z., & Qureshi, M. N. (2013). An empirical investigation of relationship between total quality management practices and quality performance in Indian service companies. *International journal of quality & reliability management*, 30(3), 280- 318.

- Wu, S. J. (2015). The impact of quality culture on quality management practices and performance in Chinese manufacturing firms. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(8), 799-814.
- Elshaer, I. A., Elshaer, I. A., Augustyn, M. M., & Augustyn, M. M. (2016). Direct effects of quality management on competitive advantage. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 33(9), 1286-1310.
- Eriksson, H., & Eriksson, H. (2016). Outcome of quality management practices: Differences among public and private, manufacturing and service, SME and large organisations. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 33(9), 1394- 1405.
- Mehra, S., Mehra, S., Coleman, J. T., & Coleman, J. T. (2016). Implementing capabilities-based quality management and marketing strategies to improve business performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 33(8), 1124-1137. 226
- Yazdani, B., Attafar, A., Shahin, A., & Kheradmandnia, M. (2016). The impact of TQM practices on organizational learning case study: Automobile part manufacturing and suppliers of Iran. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 33(5), 574- 596.
- Honarpour, A., Honarpour, A., Jusoh, A., Jusoh, A., Long, C. S., & Long, C. S. (2017). Knowledge management and total quality management: a reciprocal relationship. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(1), 91-102.
- Nawelwa, J., Sichinsambwe, C., & Mwanza, B. G. (2015). An analysis of total quality management (TQM) practices in Zambian secondary schools: A survey of Lusaka district. *The TQM Journal*, 27(6), 716-731.
- Flynn, B. B., Schroeder, R. G., & Sakakibara, S. (1995). The impact of quality management practices on performance and competitive advantage. *Decision sciences*, 26(5), 659-691.

- Arunachalam, T., Arunachalam, T., Palanichamy, Y., & Palanichamy, Y. (2017). Does the soft aspects of TQM influence job satisfaction and commitment? An empirical analysis. *The TQM Journal*, 29(2), 385-402.
- Zwain, A. A. A., Zwain, A. A. A., Lim, K. T., Lim, K. T., Othman, S. N., & Othman, S. N. (2017). TQM and academic performance in Iraqi HEIs: associations and mediating effect of KM. *The TQM Journal*, 29(2), 357-368.
- Svetoslav Georgiev Seiichi Ohtaki, (2016),"Evolution and implementation of quality management practices in the manufacturing sector in Eastern Europe after the end of communism", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 33 Iss 6 pp. 804 – 829.
- Carter, C. R., Rogers, D. S., & Choi, T. Y. (2015). Toward the theory of the supply chain. *Journal of Supply Chain Management*, 51(2), 89-97.
- Dobrzykowski, D. D., Leuschner, R., Hong, P. C., & Roh, J. J. (2015). Examining absorptive capacity in supply chains: Linking responsive strategy and firm performance. *Journal of Supply Chain Management*, 51(4), 3-28. 227
- Ellram, L. M., & Cooper, M. C. (2014). Supply chain management: It's all about the journey, not the destination. *Journal of Supply Chain Management*, 50(1), 8-20.
39. [38] Rauer, J., & Kaufmann, L. (2015). Mitigating External Barriers to Implementing Green Supply Chain Management: A Grounded Theory Investigation of Green-Tech Companies' Rare Earth Metals Supply Chains. *Journal of Supply Chain Management*, 51(2), 65-88.
- Alireza Shokri, (2017)," Quantitative analysis of Six Sigma, Lean and Lean Six Sigma research publications in last two decades ", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 34 Iss

Peruano. Jiménez Monsalve, I. (2013). Políticas Sociales y Reducción de la Pobreza. El Desafío Sinergia e Innovación, 1 <http://revistas.upc.edu.pe/index.php/sinergia/article/view/87>

BANCO MUNDIAL (2016). Perú Panorama general. Disponible en línea: <http://www.bancomundial.org/es/country/peru/overview>. Fecha de consulta: 10 de abril del 2017

GESTIÓN (2012) “¿Para qué sirven las altas tasas de crecimiento del PBI?”. Disponible en línea: http://blogs.gestion.pe/economiapara_todos/2012/11/para-que-sirven-las-altas-tasa.html. Fecha de consulta: 09 de abril del 2017

BCRP (2014). “Determinantes del crecimiento agroexportador en el Perú”. Disponible en línea: <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-161/moneda-161-05.pdf>. Fecha de consulta: 09 de abril del 2017

GESTIÓN (2016). PPK y un tema pendiente: Elevar la productividad del sector agropecuario. Disponible en línea: <http://gestion.pe/economia/ppk-y-tema-pendiente-elevar-productividad-sector-agropecuario-2163661>. Fecha de consulta: 10 de abril del 2017

AGRODATAPERÚ (2014). “Exportaciones de Perú. Somos primeros en el mundo, Uvas, Arándanos, Plátanos orgánicos, Pimientos Espárragos, Mangos, Paltas, Quinua”. Disponible en línea: <https://www.agrodataperu.com/2014/08/exportaciones-de-peru-somos-primeros-en-el-mundo.html>. Fecha de consulta: 11 de abril del 2017 234

GESTIÓN (2017) Exportaciones de arándanos peruanos superaron los US\$ 232 millones en el 2016. Disponible en línea: <http://gestion.pe/economia/exportaciones-arandanos-peruanos-superaron-us-232-millones-2016-2178959>. Fecha de consulta: 02 de Abril del 2017

AGRARIA (2015). “Demanda mundial de arándanos se triplicaría en la próxima década”. Disponible en línea: <http://agraria.pe/noticias/demanda-mundial-de-arandanos-se-triplicaria-en-la-proxima-de-7946>. Fecha de consulta: 12 de abril del 2017

MINAGRI (2016). El arándano en el Perú y en mundo: Producción, Comercio y perspectivas 2016. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Primera Edición - Diciembre 2016

EL COMERCIO (2016). “Exportaciones de arándanos frescos a Canadá llegan a US\$788 mil”. Disponible en línea: <http://elcomercio.pe/economia/peru/exportaciones-arandanos-frescos-canada-llegan-us788-mil-noticia-1886729>. Fecha de consulta: 20 de enero del 2017

Esser, K., Hillebrand, W., Messner, D., & Meyer-Stamer, J. (1995). Competitividad sistémica. Textos de Economía, 6(1), 171-203. 107. MINAGRI (2016) El arándano en el Perú y el mundo: Producción, comercio y perspectivas.

INEI (2016) PBI Trimestral. Recuperado de: <https://www.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/pbi-trimestral/1/> (Fecha de consulta: 11 de enero del 2017)

INEI (2016) Economía. Recuperado de: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indices-tematico/economia/> (Fecha de consulta: 11 de enero del 2017)

Salazar Chavez, Karol (2014). OPORTUNIDADES DE NEGOCIO EN EL MERCADO DE ESTADOS UNIDOS PARA LAS EXPORTACIONES PERUANAS DE ARÁNDANOS FRESCOS PROVENIENTES DE LA REGIÓN LA LIBERTAD. Tesis. Universidad Privada del Norte

ARÁNDANOS Y BERRIES DEL PERÚ (2015). Recuperado de: <https://arandanosperu.pe/tag/arandanos-congelados/>. Fecha de consulta: 22 de enero del 2017 235

NIDETEC. 2006. El cultivo de arándanos. Nidetec Biobusiness. Uruguay

Romero, B. F., & Santoyo, F. G. (2012). La competitividad de las pymes morelianas. Cuadernos del CIMBAGE, (11).

Martínez, A. M. C., López, P. A. L., & Méndez, C. R. (2011). La competitividad empresarial.

Klaus Schwab. (2016). The global competitiveness report 2015–2016.01-
Recuperadode:http://www3.weforum.org/docs/gcr/2015-2016/Global_Competitiveness_Report_2015-2016.pdf

TY - JOUR AU - López Gumucio, Ricardo TI - LA CALIDAD TOTAL EN LA EMPRESA MODERNAPY -2005Y1 - 2005KW - RP - IN FILESP - 67-81T2 - PERSPECTIVASVL - 8IS - 2SN
www.redalyc.com/articulo.oa?id=425942412006ER

1994-3733UR - Montaudon Tomas, C; (2010). Explorando la noción de calidad. Acta Universitaria, 20() 50-56. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41613788006>

Henrik Eriksson , (2016),"Outcome of quality management practices. Differences among public and private, manufacturing and service, SME and large organisations", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 33 Iss 9 pp. –

Albert Weckenmann Goekhan Akkasoglu Teresa Werner, (2015),"Quality management – history and trends", The TQM Journal, Vol. 27 Iss 3 pp. 281 – 293

P, F. J. (2014). Evolución de la gestión de los procesos. Recuperado el 28 de Septiembre de 2016, de <https://collellca.wordpress.com/2013/04/04/evolucion-de-la-gestion-por-procesos/>

V. America learning & media. (s.f.). Gestión por procesos vs. Gestión por funciones. Andreu, Ed.) Recuperado el 26 de Septiembre de 2016, de <http://www.americalearningmedia.com/edicion-013/159-opinion/1405-gestion-por-procesos-versus-gestion-por-funciones>

Camisón, C., Cruz, S., & Gonzales, T. (2015). Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques y sistemas. Pearson. Obtenido

<https://porquenotecallas19.files.wordpress.com/2015/08/gestion-de-la-calidad.pdf>
de 236

Fish, L. A. (2011). Supply chain quality management. In Supply Chain Management- Pathways for Research and Practice. InTech.

MINAGRI (2016). El arándano en el Perú y en mundo: Producción, Comercio y perspectivas 2016. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Primera Edición - Diciembre 2016

Ministerio de Producción. (2015). Anuario Estadístico Industrial, Mipyme. Obtenido <http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf>

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Manual del Arándano. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39094.pdf>

MINAGRI. Página web: Clasificación de los suelos. Recuperado de: <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/43-sector-agrario/suelo/330-clasificacion> (fecha de consulta: 12 de enero del 2017)

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, ESPAÑA (2007) Orientaciones para el cultivo del arándano. Recuperado http://www.naviaporcia.com/images/documentos/documento_173.pdf 129. Bases de la Investigación Cualitativa: Técnicas y Procedimientos para desarrollar la Teoría Fundamentada, Strauss & Corbin, 2002

Estrato Empresarial en el Perú, Ministerio de Producción 2015 131. PLAN DE DESARROLLO CONCERTADO DE LA PROVINCIA DE CAÑETE 2008-2021

Arana, G., Camisón, C., Casadesús, M., y Martiarena, A. (2008). Gestión de la Calidad y Competitividad de las empresas de la CAPV (Primera ed.). España: Orkestra - Instituto Vasco de Competitividad. Obtenido <http://www.deusto.es/publicaciones/es/deusto/pdfs/orkestra/orkestra07.pdf> de <http://www.deusto.es>

Booker, J., Raines, M., y Swift, K. (2001). Designing capable and reliable products. Inglaterra: Butterworth Heinemann. Obtenido de https://books.google.com.nf/books?id=gJskUZfAX4QCyprintsec=frontcoverysource= gbs_atb#v=onepageyqyf=false

Burckhardt Leiva, V., Gisbert Soler, V., y Pérez Molina, A. (2016). Estrategia y desarrollo de una guía de implantación norma iso 9001 2015. Aplicación pymes de la comunidad Valenciana (Primera ed.). España: Científica 3Ciencias. Obtenido de https://issuu.com/3ciencias/docs/estrategia_y_desarrollo_de_una_guia

Canive, T. (2019). Matriz de priorización de problemas. Obtenido de Sinnaps: <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/matriz-de-priorizacion>

Cardona Zuluaga, E., y Manzur Hasbun, R. (2015). Aplicación de la metodología Seis Sigma para la disminución del indicador de la merma de envase retornable en la planta de Coca Cola Femsa Nodo Medellín. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Evigado, Colombia. Obtenido de https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/2142/1/CardonaEsteban_2015_Aplicaci onMetodologiaSigma.pdf

Celis, S. (21 de junio de 2017). Balanceados - Piensos, Mermas de Producción. Obtenido de Engormix: [t40925.htm https://www.engormix.com/balanceados/articulos/mermas-produccionCentro](https://www.engormix.com/balanceados/articulos/mermas-produccionCentro)

Europeo de Postgrado. (31 de mayo de 2018). ¿Qué es una encuesta de satisfacción? Obtenido de El blog de CEUPE: <https://www.ceupe.com/blog/que-es-una-encuesta-desatisfaccion.html> D., J. (11 de enero de 2018). El Diagrama de Pareto. Obtenido de Central: <http://ingenieriaindustrialeasy.blogspot.com/2018/01/el-diagrama-de-pareto.html> 195

Delgado López, E. (2015). Propuesta de un plan para la reducción de la merma utilizando la metodología Six Sigma en una planta de productos plásticos. Tesis magistral, Ingeniería industrial con mención en Gestión de Operaciones, Lima, Perú.

Recuperado el 17 de diciembre de 2019, de
file:///C:/Users/svega/Downloads/DELGADO_EMERSON_PROPUESTA_PLAN_
R EDUCCION_MERMA.pdf

Diago Orozco, V., y Mercado Jaramillo, V. (2013). Reducción de desperdicios en el proceso de envasado del yogurt Purepak de 210 g en la máquina Nimco en una empresa de lácteos, mediante la aplicación de la metodología Seis Sigma. Tesis, Ingeniería Industrial, Barranquilla, Colombia. Obtenido de
<http://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/467/PROYECTO%20DE%20GRADO%20Victoria%20Diago%20Valeria%20Mercado%202013%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

El Comercio. (23 de febrero de 2018). Mincetur: Exportación de frutos cítricos creció 30% en 2017. Obtenido de El Comercio:
<https://elcomercio.pe/economia/peru/minceturexportacion-frutos-citricos-crecio-30-2017-noticia-499678-noticia/>

Elizondo Cardona, A. (2007). Reducción de defectos en lotes de producto terminado mediante la aplicación de la metodología Seis Sigma. Tesis licenciatura, Universidad de las Américas Puebla, Ingeniería Industrial y Mecánica, Puebla, México. Recuperado el noviembre de 2019,
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmnf/elizondo_c_a/

De Gómez Montoya, R., y Barrera, S. (2011). Seis Sigma: un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica. Corporación Universitaria Lasallista. Recuperado el 2019, de
<http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/515/1/13.%20223-242.pdf> 196

Gutiérrez Pulido, H., y De la Vara Salazar, R. (2008). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma (Segunda ed.). México: Mc Graw Hill. Obtenido de
<https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-lacalidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>

Jiménez, D. (29 de marzo de 2017). 4 Diagramas para identificar el alcance del SGC y sus procesos. Obtenido de Pymes y Calidad 2.0 Gestión Sin Líos: <https://www.pymesycalidad20.com/4-diagramas-para-identificar-el-alcance-del-sgcy-sus-procesos.html>

Mallqui Crisante, L. (2018). Aplicación de la metodología Six Sigma para reducir la merma de Scrap en el proceso de fabricación de sacos de polipropileno. Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ingeniería Industrial, Lima, Perú. Obtenido de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/10115>

Moscoso Chaparro, J. E., y Yalan Reyes, A. J. (2013). Mejora de la calidad en el proceso de fabricación de plásticos flexibles de la empresa Marplast utilizando Six Sigma basado en la metodología DMAIC. Tesis, Universidad de San Martín de Porres, Lima. Obtenido de https://www.usmp.edu.pe/PFI/pdf/20132_7.pdf

Organización Wikipedia. (14 de octubre de 2019). Análisis modal de fallos y efectos. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_modal_de_fallos_y_efectos

Pino, R. (5 de mayo de 2016). Centrumthink. Obtenido de La importancia del DMAIC para mejorar un proceso: <https://www.centrumthink.pucp.edu.pe/la-importancia-del-dmaicpara-mejorar-un-proceso>

Ransa. (2018). Torre Blanca. Obtenido de Ransa: <https://www.ransa.biz/torre-blanca/> Reyes Nova, O. (16 de marzo de 2012). Diagrama de Causa - Efecto. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/oscarreyesnova/diagrama-de-causa-efecto>

SPC Consulting Group.(6 de febrero de 2013). Gráfico de Control. Obtenido de https://spcgroup.com.mx/grafica-de-control/#disqus_thread Thompson, I. (julio de 2019). La Satisfacción del Cliente. Obtenido de PromonegocioS.net: <https://www.promonegocios.net/clientes/satisfaccion-cliente.html>

Uchima Flores, C. H. (2017). Aplicación de la metodología Six - Sigma para el incremento de la eficiencia en una empresa agroexportadora. Tesis, Universidad Nacional de

Ingeniería, Ingeniería Industrial, Lima, Perú. Recuperado el 19 de diciembre de 2019, de <https://docplayer.es/93711244-Universidad-nacional-de-ingenieria-facultad-deingenieria-industrial-y-de-sistemas-tesis.html>

Valle Vadez, J. (5 de mayo de 2012). Análisis estadístico de procesos. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/JulioCesarValdez/six-sigma-jcvv10007274rev0>

Varas Acuña, C. A. (2010). Aplicación de metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de pérdidas en las etapas de fabricación de chocolate. Tesis, Universidad de Chile, Ingeniería de Alimentos, Santiago, Chile. Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111645/varas_ca.PDF?sequence=1&isAllowed=y

Vite Moncayo, C. (2015). Implementación de la Metodología DMAIC para Reducir los defectos de Etiquetado en una Línea Embotelladora de Bebidas. Tesis, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ingeniería de Alimentos, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89200/D-88074.pdf>

Yoshisato Ortiz, B. (2017). Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la calidad del producto en la empresa Agrihusac S.A., Huaral, Lima 2017. Tesis, Universidad César Vallejo, Ingeniería Industrial, Lima, Perú. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12635/Yoshisato_OBT.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Anexos

Anexo 01: Matriz de consistencia

Metodología six sigma y su impacto en la calidad del arándano de la empresa Agroklasa S.A.C – Supe – 2025

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOS Y TÉCNICAS
Problema General ¿De qué manera la implementación de la Metodología six sigma impacta en la calidad del arándano de la empresa Agroklasa S.A.C. – Supe – 2025?	Objetivos General Determinar el impacto de la Metodología six sigma en la calidad del arándano de la empresa Agroklasa S.A.C. – Supe – 2025	Hipótesis General La Metodología six sigma tiene un impacto significativo en la calidad del arándano de la empresa Agroklasa S.A.C. – Supe – 2025.	Metodología six sigma	SIX SIGMA	Porcentaje de reducción de errores en los procesos productivos. Nivel de implementación de herramientas estadísticas de Six Sigma (DMAIC, SPC, etc.). Número de oportunidades de mejora identificadas y corregidas. Grado de cumplimiento del proceso según estándares Six Sigma (nivel Sigma alcanzado). Frecuencia de uso de controles de calidad basados en datos	Población = 50 Muestra = 50 Método: Cuantitativo Técnicas : Para el acopio de Datos: Encuesta Instrumentos de recolección de datos: Cuestionario
Problemas Específicos 1. ¿De qué manera la implementación de la Metodología six sigma impacta en el tamaño del arándano de la empresa Agroklasa S.A.C. – Supe – 2025?, 2. ¿De qué manera la implementación de la Metodología six sigma impacta en la ausencia de defectos visibles del arándano de la empresa Agroklasa S.A.C. – Supe – 2025? 3. ¿De qué manera la implementación de la Metodología six sigma impacta en el sabor del arándano de la empresa Agroklasa S.A.C. – Supe – 2025?	Objetivos Específicos: 1. Determinar el impacto de la Metodología six sigma en el tamaño del arándano de la empresa Agroklasa S.A.C. – Supe – 2025 2. Determinar el impacto de la Metodología six sigma en la ausencia de defectos visibles del arándano de la empresa Agroklasa S.A.C. – Supe – 2025. 3. Determinar el impacto de la Metodología six sigma en el sabor del arándano de la empresa Agroklasa S.A.C. – Supe – 2025.	Hipótesis Específicas: 1. La Metodología six sigma tiene un impacto significativo en el tamaño del arándano de la empresa Agroklasa S.A.C. – Supe – 2025. 2. La Metodología six sigma tiene un impacto significativo en la ausencia de defectos visibles del arándano de la empresa Agroklasa S.A.C. – Supe – 2025. 3. La Metodología six sigma tiene un impacto significativo en el sabor del arándano de la empresa Agroklasa S.A.C. – Supe – 2025.	Calidad arándano	Tamaño Ausencia de defectos visibles Sabor	 Diámetro promedio de los frutos por lote (en mm). Porcentaje de frutos que cumplen con el calibre comercial estándar (≥18 mm). Rango de variabilidad del tamaño entre frutos del mismo lote. Porcentaje de frutos sin daños físicos (manchas, magulladuras, deformidades). Número promedio de defectos por bandeja inspeccionada. Índice de rechazo en control de calidad por presencia de defectos visibles. Promedio de grados Brix (dulzura natural del fruto). Porcentaje de frutos con sabor óptimo según estándares sensoriales. Nivel de aceptación del sabor en pruebas organolépticas (escala Likert o hedónica). Consistencia del sabor entre diferentes lotes (desviación estándar del Brix).	Para el procesamiento de datos. Tabulación de datos. Para el informe final: Tipo de Investigación: Aplicada Diseño de Investigación Esquema propuesto por la UNJFSC Correlacional Transeccional

Anexo 02: cuestionario de evaluación sobre implementación de six sigma y calidad del arándano

Instrucciones: A continuación, encontrará una serie de afirmaciones relacionadas con la gestión de calidad en la empresa. Indique su grado de acuerdo con cada enunciado, marcando una opción según la siguiente escala:

1. **Totalmente en desacuerdo**
2. **En desacuerdo**
3. **Ni de acuerdo ni en desacuerdo**
4. **De acuerdo**
5. **Totalmente de acuerdo**

I. METODOLOGÍA SIX SIGMA (10 ítems)

Dimensión 1: Reducción de errores en los procesos productivos

1. En mi área, hemos reducido significativamente los errores gracias a la aplicación de Six Sigma.
2. La frecuencia de fallos en los procesos ha disminuido en los últimos meses.
3. Se realiza seguimiento continuo a los errores para implementar mejoras efectivas.

Dimensión 2: Uso de herramientas estadísticas Six Sigma

4. Conozco y aplico herramientas del ciclo DMAIC en mis tareas diarias.
5. En mi unidad se aplican herramientas estadísticas (SPC, histogramas, etc.) para el control de calidad.
6. Recibimos capacitación sobre el uso de herramientas Six Sigma.

Dimensión 3: Identificación y corrección de oportunidades de mejora

7. Se promueve activamente la identificación de oportunidades de mejora en procesos.
8. Las sugerencias de mejora por parte del personal son consideradas y aplicadas.

Dimensión 4: Control de calidad y nivel Sigma alcanzado

9. Se realiza control estadístico de calidad con base en datos reales y confiables.
10. Mi área de trabajo conoce el nivel Sigma que se busca alcanzar y trabaja para ello.

II. CALIDAD DEL ARÁNDANO (10 ítems)

Dimensión 1: Tamaño del fruto

11. Los arándanos producidos cumplen regularmente con el diámetro estándar (≥ 18 mm).

12. Existe uniformidad en el tamaño de los frutos dentro de cada lote.
13. El tamaño de los arándanos es controlado mediante mediciones técnicas y precisas.

Dimensión 2: Ausencia de defectos visibles

14. En los procesos de postcosecha se identifican eficazmente los frutos con defectos visibles.
15. La mayoría de los lotes presentan un bajo porcentaje de daños físicos (manchas, magulladuras).
16. La empresa cuenta con un sistema eficaz de rechazo de bandejas defectuosas.

Dimensión 3: Sabor del fruto

17. Se evalúa regularmente el nivel de dulzura del fruto mediante grados Brix.
18. El sabor del arándano es consistente entre diferentes lotes.
19. Los frutos cumplen con los estándares sensoriales establecidos por el mercado.
20. Se realizan pruebas organolépticas para asegurar una buena aceptación del producto.

Anexo 03: Registro de calidad

Nombre del registro: *Control de Calidad de Arándanos – Lote:*

Fecha	Responsable	Lote	Tamaño fuera del rango	Defectos visibles	Sabor no aceptado	Total Mermado	Observaciones

Comentario: Este registro se utiliza para identificar tendencias en los problemas de calidad.

Anexo 04. Cotización de proveedor ficticio: AGROTEC SAC

Proveedor: AGROTEC S.A.C.

RUC: 20512345679

Fecha de emisión: 28/06/2025

Atención: Área de Operaciones – Agrícola Andina

Cotización N.º 01-2025

Descripción del Producto	Modelo	Precio Unitario (USD)	Cantidad	Subtotal (USD)
Calibradora electrónica de arándano	AGT-BERRY2000	\$8,500.00	1	\$8,500.00
Capacitación para operarios (2 días, 20 pax)	AGT-CAP001	\$15.00	20	\$300.00
Asesoría para reestructuración del proceso	AGT-ASES-BASIC	\$500.00	1	\$500.00
Total sin IGV				\$9,300.00

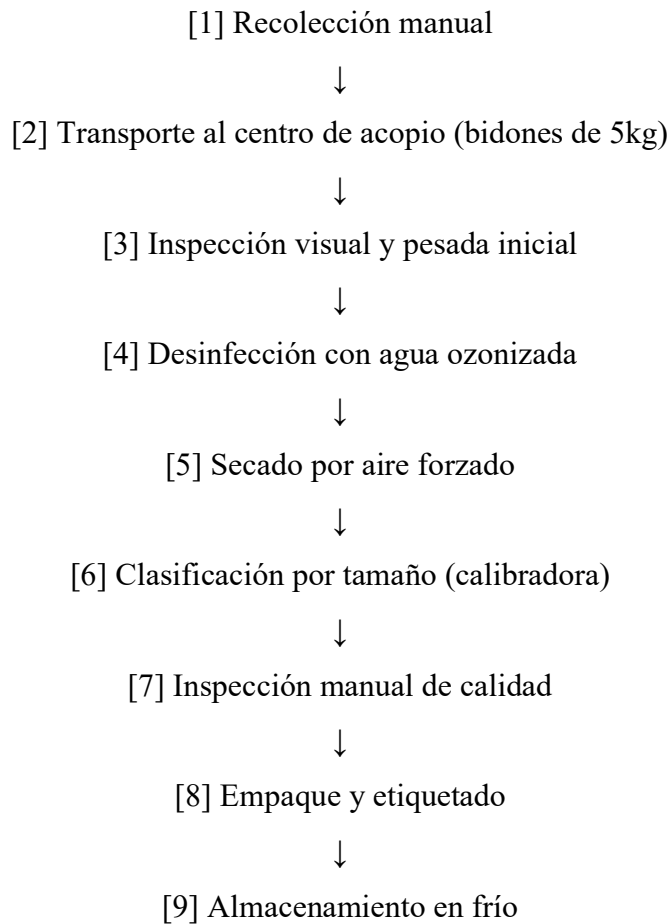
Condiciones:

- Entrega en 15 días.
- Garantía de 2 años.
- Incluye instalación y prueba de funcionamiento.

Anexo 05: Análisis de procesos y flujos de trabajo

Objetivo: Identificar los cuellos de botella y deficiencias que generan pérdidas en la calidad del arándano (merma) desde la cosecha hasta el empaque.

FLUJOGRAMA DEL PROCESO PRODUCTIVO



DETECCIÓN DE PROBLEMAS EN EL FLUJO (CUELLOS DE BOTELLA)

Etapas	Problema identificado	Efecto en la calidad
[1] Recolección	Técnicas inadecuadas (aprietan el fruto)	Daños visibles y pérdida de peso
[3] Inspección inicial	Revisión rápida sin criterios claros	No se detectan frutas con defectos internos
[6] Calibradora	Desajustada, no separa calibres correctamente	Frutas mal clasificadas (fuera de rango)

Etapas	Problema identificado	Efecto en la calidad
[7] Inspección manual	Falta de personal y capacitación	Frutas con defectos pasan al empaque

Al observar el flujo, se observa que **las etapas 1, 6 y 7 son críticas**, ya que concentran errores humanos y mecánicos que afectan la merma.

PROPUESTAS DE MEJORA (a partir del flujo):

Proceso	Acción correctiva sugerida
Recolección	Capacitar cosechadores en manipulación suave y punto óptimo de madurez.
Clasificación	Ajustar calibradora semanalmente y considerar calibradora óptica (inversión).
Inspección manual	Incrementar número de inspectores y aplicar checklist estandarizado.
Control del flujo	Aplicar formato Lean: mapas de flujo de valor (VSM) para reducir tiempos y errores.

TIEMPOS PROMEDIO POR ETAPA

Etapas	Tiempo promedio	Observaciones
Recolección	35 min por fila	Retrasos por selección manual sin criterios
Transporte	10 min	Sin incidencias
Clasificación	20 min por lote	Lentitud por calibradora ineficiente
Inspección final	15 min por lote	Insuficiente para la carga actual

Conclusión: El cuello de botella se da en la **clasificación e inspección final**; si se optimizan, se reduce hasta **un 40% de la merma diaria**.

CAMBIOS EVALUADOS EN EL CONTROL DE CALIDAD

Objetivo: Estimar cómo los cambios propuestos reducirían las mermas y mejorarían la calidad del arándano exportable.

CAMBIOS IMPLEMENTADOS

Área	Mejora aplicada	Tipo de mejora
Recolección	Capacitación del personal y guías visuales	Procedimental y formativa
Clasificación	Mantenimiento semanal de calibradora	Técnica
Inspección final	Checklists y duplicación de personal	Organizacional
Empaque	Etiquetado automatizado	Tecnológica

RESULTADOS ANTES Y DESPUÉS

Indicador	Antes de mejora	Después de mejora	Variación
Tasa de merma diaria	8.5%	4.3%	-49.4%
Fruta exportable	87%	93%	+6%
Frutas mal calibradas	12%	4%	-66.6%
Tiempo promedio de proceso	120 min	100 min	-16.6%
Reclamos por calidad (mensuales)	6	2	-66.6%

ANÁLISIS CUALITATIVO

- **Reducción significativa de mermas:** La tasa de pérdida bajó en casi un 50%, mejorando el rendimiento económico.
- **Mayor uniformidad del producto:** Gracias a la calibración adecuada y doble filtro visual.
- **Optimización del tiempo de operación:** Se eliminan esperas innecesarias, especialmente en inspección.
- **Valor agregado:** El etiquetado automatizado mejora la trazabilidad y percepción del cliente internacional.

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO (mensual)

Concepto	Costo adicional	Beneficio estimado
Capacitación y nuevos inspectores	S/ 2,500	+S/ 6,000 por frutas no perdidas
Mantenimiento y ajuste de calibradora	S/ 800	+S/ 1,500 en eficiencia

Concepto	Costo adicional	Beneficio estimado
Automatización de etiquetas	S/ 1,800	+S/ 3,000 en percepción del cliente

Rentabilidad:

Retorno total mensual = S/ 10,500, con una inversión de S/ 5,100 → **Beneficio neto: S/ 5,400.**

Anexo 06: Manual de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

TÍTULO: Manual de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) – Recolección de Arándano

I. OBJETIVO

Establecer las normas y prácticas adecuadas para la recolección manual del arándano, garantizando la calidad del fruto, la inocuidad alimentaria y la sostenibilidad del recurso agrícola.

II. ALCANCE

Este manual es de cumplimiento obligatorio para todos los operarios que participan en la cosecha de arándano en el fundo AGROTEC SAC – Sector Santa Rosa.

III. PROCEDIMIENTOS

PASO	ACTIVIDAD	DETALLES OPERATIVOS	EQUIPO NECESARIO	PICTOGRAMA
1	Lavado de manos	Antes de ingresar al campo, todos los operarios deben lavarse con agua y jabón antibacterial.	Lavamanos portátil, jabón, toalla desechable	
2	Uso de indumentaria adecuada	Uniforme completo, guantes, gorro y mascarilla limpia.	Kit de campo estéril	
3	Selección del fruto	Solo recolectar frutos azules, firmes, sin magulladuras, ni daños por plagas. No recolectar verdes o sobremaduros.	Observación directa	
4	Manipulación del fruto	Evitar apretar el fruto al recogerlo. Colocar	Canastilla plástica con fondo liso	

PASO	ACTIVIDAD	DETALLES OPERATIVOS	EQUIPO NECESARIO	PICTOGRAMA
		suavemente en la canastilla para evitar daño mecánico.		
5	Higiene durante la jornada	Evitar tocar el rostro, fumar o comer durante la cosecha. Lavarse las manos si hay contacto con otros objetos.	Higiene continua	
6	Transporte a post-cosecha	Las canastillas deben ser trasladadas cada 20 minutos a la zona de post-cosecha para evitar sobrecalentamiento del fruto.	Carretilla plástica	

IV. REQUISITOS SANITARIOS

- No se permite el ingreso de personas con síntomas gripales, heridas expuestas o sin equipo de protección.
- Supervisores deben realizar control diario de indumentaria y condiciones de salud del personal.

V. REGISTROS DE CONTROL

- Ficha de control diario de lavado de manos
- Lista de chequeo de EPP completo
- Registro de no conformidades en cosecha

VI. FIRMA DE CONFORMIDAD

Todo operario debe firmar un acta de compromiso donde declara haber leído y comprendido el presente manual.

Anexo 07: Pictogramas Visuales

Etapas del proceso: Recolección de arándano

Objetivo: Facilitar la comprensión de las BPA mediante íconos comprensibles para todo el personal, incluidos aquellos con bajo nivel de lectoescritura.

LISTA DE PICTOGRAMAS IMPLEMENTADOS

Nº	Pictograma	Significado	Ubicación sugerida
1		Lavado obligatorio de manos	Entrada al campo / Zona de lavado
2		Uso obligatorio de EPP (uniforme, guantes, mascarilla)	Pared del almacén de EPP / Área de ingreso
3		Fruto maduro permitido (azul) / No recolectar verdes o dañados	Canastillas de recolección / Manual de campo
4		Entregar cada 20 min las canastillas para evitar sobrecalentamiento	Punto de acopio temporal
5		Prohibido fumar, comer o mascar chicle durante la cosecha	Todo el campo, poste principal
6		Higiene después de ir al baño / uso de papel y alcohol en gel	Zona de servicios higiénicos portátiles
7		Prohibido uso de celular o audífonos durante la jornada	Portón de ingreso / caseta del supervisor

DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN

- **Tamaño estándar:** 20 × 20 cm en vinilo resistente al agua y polvo.
- **Colores:** Verde (acción permitida), rojo (prohibido), azul (obligatorio).
- **Lenguaje universal:** Se evita el uso de palabras; todo es icónico.
- **Revisión mensual:** El supervisor verifica que todos los pictogramas estén legibles y en buen estado.

Ejemplo (texto visualizado)

  = “Lávate las manos aquí”

   = “Usa tu equipo completo antes de ingresar”

  vs   = “Recolecta solo los frutos maduros – no verdes o dañados”

   = “No comer, fumar ni mascar chicle durante la cosecha”

Anexo 08: POE – Recolección de Arándano

Código: POE-AGRO-001

Versión: 01

Fecha de emisión: 30/07/2025

Área responsable: Operaciones Agrícolas

Proceso: Cosecha del arándano

Objetivo: Estandarizar las actividades de recolección para garantizar la calidad e inocuidad del fruto.

PASOS ESTANDARIZADOS DEL PROCEDIMIENTO

Nº	Descripción de la actividad	Responsable	Tiempo estimado
1	Reunión inicial para asignación de tareas y entrega de EPP	Supervisor de cuadrilla	10 min
2	Lavado obligatorio de manos antes de ingresar al campo	Todo el personal	5 min
3	Revisión del estado del uniforme y utensilios de cosecha	Supervisor	10 min
4	Inicio de recolección solo de frutos azules (maduros)	Operario de campo	Permanente
5	Revisión visual de frutos recolectados antes del acopio	Operario / Supervisor	Cada 30 min
6	Entrega de canastillas cada 20 min al punto de acopio para evitar sobrecalentamiento	Operario	Cada 20 min
7	Registro de cantidad recolectada por trabajador	Supervisor	Fin de jornada
8	Limpieza de utensilios y descarte de EPP usado	Todos	15 min

CONDICIONES ESPECIALES

- **Higiene:** Prohibido fumar, comer o beber durante la jornada.
- **Fruto no conforme:** Si se detectan verdes, dañados o sucios, el operario será capacitado nuevamente.
- **Sanciones:** Falta de cumplimiento puede implicar suspensión temporal.

FORMATOS ASOCIADOS

- F01-AGRO: Lista de asistencia
- F02-AGRO: Registro de recolección por operario
- F03-AGRO: Reporte de no conformidades del fruto
- F04-AGRO: Check-list de limpieza de herramientas

Este POE debe ser revisado y validado cada 6 meses, o cada vez que se actualice la normativa o haya modificaciones técnicas en el proceso.

Anexo 09: Herramienta N.º 4: Manual de funciones específicas por rol (Recolección de arándano)

Este documento define claramente los roles, responsabilidades y tareas asignadas a cada miembro del equipo en la fase de recolección, para evitar duplicidades y garantizar eficiencia.

1. Supervisor de Campo

- **Responsable:**
- **Funciones:**
 - Coordinar y asignar áreas de recolección al personal operativo.
 - Verificar el cumplimiento de los POE establecidos.
 - Supervisar el uso correcto del EPP.
 - Validar el rendimiento diario por operario.
 - Informar no conformidades al área de calidad.
 - Garantizar el cumplimiento del cronograma de cosecha.

2. Operario de Recolección

- **Responsable:** Cada trabajador asignado al lote (ej. María López, Julio Cueva, etc.)
- **Funciones:**
 - Recolectar únicamente fruta madura según los criterios establecidos (coloración, firmeza).
 - Utilizar correctamente las herramientas y EPP.
 - Depositar el fruto en canastillas limpias sin causar daños.
 - Entregar las canastillas al punto de acopio asignado.
 - Reportar cualquier anomalía encontrada en el cultivo.

3. Inspector de Calidad

- **Responsable:**
- **Funciones:**
 - Revisar aleatoriamente la calidad del fruto recolectado.
 - Registrar y documentar no conformidades detectadas.
 - Aplicar acciones correctivas inmediatas (retroalimentación o recolección nuevamente).
 - Emitir reportes diarios de calidad al jefe de operaciones.

4. Auxiliar de Limpieza y Herramientas

- **Responsable:**
- **Funciones:**
 - Asegurar la limpieza y desinfección del material recolector (tijeras, canastillas).
 - Entregar herramientas en buen estado al personal operativo.
 - Llevar el control de entradas y salidas de herramientas.
 - Desechar los EPP dañados y reponerlos según protocolo.

5. Jefe de Operaciones Agrícolas

- **Responsable:**
- **Funciones:**
 - Validar el cumplimiento integral del proceso estandarizado.
 - Aprobar los reportes de productividad y calidad.
 - Coordinar con RRHH en caso de sanciones o reconocimientos.
 - Gestionar mejoras continuas en los procedimientos.

Anexo 10: Herramienta N.º 5: Cronograma Semanal de Recolección por Lotes

Esta herramienta permite organizar el trabajo en campo de manera eficiente, asegurando una distribución equilibrada de recursos humanos y materiales, y garantizando que la fruta sea recolectada en su punto óptimo de maduración.

Semana de Recolección: 12 al 17 de julio del 2025

Día	Lote	Área (ha)	Nº de Operarios	Tipo de Arándano	Rendimiento Esperado (kg/ha)	Responsable
Martes 12	Lote A1	2.0	6	Biloxi	3,000	Juan Ríos Gómez
Miércoles 13	Lote A2	1.5	5	Biloxi	2,500	Juan Ríos Gómez
Jueves 14	Lote B1	1.2	4	Ventura	2,800	Juan Ríos Gómez
Viernes 15	Lote C1	1.8	5	Emerald	2,700	Juan Ríos Gómez
Sábado 16	Lote A1 (repaso)	1.0	4	Biloxi	1,500	Juan Ríos Gómez
Domingo 17	Mantenimiento	-	2	-	-	Carlos Rivas (Herr.)

Detalles:

- **Objetivo del cronograma:** Asegurar que se cubran los lotes en su punto óptimo de maduración.
- **Criterio de priorización:** Lotes con mayor índice de madurez según reporte del inspector de calidad.
- **Recolección en “repaso”:** Se realiza una segunda pasada por lotes con maduración fraccionada para evitar desperdicio de fruto.
- **Tiempo estimado por lote:** Entre 5 y 8 horas, dependiendo del área y número de operarios.
- **Coordinación diaria:** Se realiza a las 6:30 a.m. con entrega de herramientas, EPP y rutas asignadas.

Anexo 11: Herramienta N.º 6: Instructivo de Inspección Visual del Fruto Cosechado

Esta herramienta garantiza que el fruto recolectado cumpla con los estándares de calidad exigidos por el mercado, antes de ser transportado a planta. Es esencial para evitar la pérdida de producto por rechazo posterior.

Anexo 12: Instructivo de Inspección Visual de Calidad de Arándanos

Código: INS-QA-06

Versión: 1.0

Fecha de implementación: 30/07/2025

Responsable: Supervisor de Calidad en Campo

Criterios de Inspección

Criterio Evaluado	Descripción Técnica	Aceptación (%)	Instrumento de Apoyo
Color	Azul uniforme, sin tonos rojizos o verdosos	$\geq 95\%$	Guía visual (pantone)
Tamaño del fruto	Entre 12 y 16 mm de diámetro, según variedad	$\geq 90\%$	Vernier digital
Firmeza del fruto	Firme al tacto, sin ablandamientos	$\geq 95\%$	Medidor de firmeza
Presencia de floración	Ligera capa de pruina natural (cera blanca) visible	$\geq 80\%$	Observación directa
Defectos físicos	Sin cortes, picaduras, arrugas, manchas ni pudrición	$\leq 3\%$	Lupa de inspección
Materia extraña	Sin restos de hojas, tallos, tierra o insectos	$\leq 1\%$	Observación manual

Procedimiento Paso a Paso:

1. **Selección aleatoria de muestras:** 100 frutos por lote recolectado (mínimo).
2. **Inspección visual inmediata:** Realizada en campo, sobre bandejas planas.
3. **Registro en hoja de control:** Se completa el formato “FIC-QA-06” por inspector.
4. **Retroalimentación diaria:** Si el porcentaje de rechazo supera el 5%, se informa al jefe de operaciones y al jefe de cuadrilla para acciones correctivas.
5. **Fotografía de evidencia:** Se toman 3 fotos diarias representativas del estado del fruto.

Notas:

- Todo inspector debe portar lupa de bolsillo y guantes de nitrilo.

- El resultado diario se transfiere al tablero de calidad semanal.

Anexo 13: FORMATO FIC-QA-06

Formulario de Inspección Visual de Calidad de Arándano Recolectado

Código: FIC-QA-06 Versión: 1.0 Fecha: // ____

Inspector: _____ Cuadrilla: _____

Lote: _____ Hora de inspección: _____

Criterios de Evaluación

Criterio Evaluado	Cumple (✓)	No Cumple (X)	Observaciones
Color uniforme (azul)			
Tamaño adecuado (12-16 mm)			
Firmeza al tacto			
Presencia de floración			
Ausencia de defectos			
Ausencia de materia extraña			

Resultados del Muestreo

Criterio	Nº Frutos Cumplen	Nº Frutos No Cumplen	% Cumplimiento
Color			
Tamaño			
Firmeza			
Floración			
Defectos físicos			
Materia extraña			

Acción Correctiva Requerida (si aplica):

.....
...
.....
...

Firma del Inspector: _____

Firma del Jefe de Cuadrilla: _____

Anexo 14: HOJA DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE BPM EN CAMPO

Código: FIC-BPM-01 **Versión:** 1.0 **Fecha:** // ____
Inspector: _____ **Cuadrilla:** _____
Lote: _____ **Hora:** _____

Listado de Verificación BPM

Ítem	Criterio Evaluado	Cumple (✓)	No Cumple (X)	Observaciones
1	Personal con ropa de trabajo limpia y completa			
2	Lavado de manos antes del ingreso al campo			
3	Uso correcto de guantes y gorro			
4	Recipientes limpios y en buen estado para cosecha			
5	No se permite comer, fumar ni mascar en zona de recolección			
6	Recolección directa en el envase sin manipulación innecesaria			
7	Disposición adecuada de residuos y desperdicios			
8	Personal con buen estado de salud visible			
9	Herramientas limpias y desinfectadas			
10	Registro de temperatura ambiental si aplica (°C)			

Resultado General

- Total ítems evaluados: 10
- Ítems cumplidos: _____

- **Porcentaje de cumplimiento:** _____ %

Acciones Correctivas o Preventivas Sugeridas:

.....
...
.....
...

Firma del Inspector: _____

Firma del Jefe de Cuadrilla: _____

Anexo 15: LISTA DE CHEQUEO DE HIGIENE DEL PERSONAL

Código: FIC-HIG-01 Versión: 1.0 Fecha: //_____
Inspector: _____ Área/Sección: _____
Nombre del trabajador evaluado: _____
DNI: _____ Cargo: _____

Criterios de Higiene Personal

Ítem	Criterio Evaluado	Cumple (✓)	No Cumple (X)	Observaciones
1	Uniforme limpio y completo (camisa, pantalón, gorro, calzado)			
2	Uñas cortas, limpias y sin esmalte			
3	Ausencia de joyas, relojes o adornos personales			
4	Cabello recogido y cubierto con red o gorro			
5	Lavado de manos correcto antes del inicio de actividades			
6	Uso adecuado de guantes desechables si aplica			
7	Ausencia de heridas expuestas o infecciones en manos y rostro			
8	Uso de mascarilla en áreas requeridas			
9	Conducta higiénica adecuada (no toser, escupir, fumar ni comer durante labores)			
10	Participación en charlas o capacitaciones de higiene recientes			

Evaluación General del Trabajador

- **Total ítems evaluados:** 10
- **Ítems cumplidos:** _____
- **Porcentaje de cumplimiento:** _____ %

Acciones Correctivas Sugeridas (si aplica):

.....
...
.....
...

Firma del Inspector: _____

Firma del Trabajador: _____

Anexo 16: LISTA DE VERIFICACIÓN DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE EQUIPOS Y UTENSILIOS

Código: FIC-LD-02 **Versión:** 1.0 **Fecha:** // ____

Área inspeccionada: _____

Inspector responsable: _____

Equipos y Utensilios Evaluados

Ítem	Nombre del equipo/utensilio	Estado antes de limpieza (S/N)	Se limpió (S/N)	Se desinfectó (S/N)	Observaciones
1	Tijeras de poda				
2	Bandejas de recolección				
3	Baldes plásticos				
4	Mesas de selección				
5	Cajas de empaque reutilizables				
6	Básculas				
7	Carretillas o plataformas móviles				
8	Filtros de lavado (si aplica)				
9	Termómetros o instrumentos de medición				
10	Otros (especificar): _____				

Método de Limpieza Utilizado

☐ Detergente neutro
 ☐ Cepillado manual
 ☐ Inmersión
☐ Rociado con solución desinfectante
 ☐ Otro: _____

Desinfectante Aplicado

Nombre comercial: _____
Concentración: _____ Tiempo de contacto: _____ min

Evaluación Final

- Total de equipos/utensilios evaluados: _____
- Equipos correctamente limpiados y desinfectados: _____
- Porcentaje de cumplimiento: _____ %

Acciones correctivas si corresponde:

.....
..
.....
..

Firma del inspector: _____

Firma del responsable de limpieza: _____

Anexo 17: LISTA DE VERIFICACIÓN DE HIGIENE Y SANIDAD EN LOS SERVICIOS HIGIÉNICOS DEL PERSONAL

Código: FIC-HS-07 **Versión:** 1.0 **Fecha:** // ____

Área inspeccionada: _____

Inspector responsable: _____

Infraestructura y Condiciones Generales

Ítem	Aspecto a verificar	Cumple (S/N)	Observaciones
1	Servicios higiénicos disponibles y operativos		
2	Suficiente número de baños por cantidad de trabajadores		
3	Disponibilidad de agua limpia y potable		
4	Limpieza general del baño (paredes, pisos, sanitarios)		
5	Disponibilidad de jabón líquido		
6	Disponibilidad de papel higiénico		
7	Dispensador de papel/toallas funcionales		
8	Papelera con tapa y bolsa		
9	Presencia de señalética de higiene (lavado de manos)		
10	Lavamanos funcional con jabón y toalla		

Condiciones de Higiene del Personal Relacionadas

Ítem	Comportamiento observado	Cumple (S/N)	Observaciones
1	El personal utiliza adecuadamente los servicios		
2	El personal se lava las manos luego de usar el baño		
3	No se observa consumo de alimentos en los baños		
4	No se observa acumulación de residuos en el área		

Evaluación Final

- Total de ítems verificados: _____
- Ítems que cumplen: _____
- Porcentaje de cumplimiento: _____ %

Acciones correctivas sugeridas:

.....
..
.....
..

Firma del inspector: _____

Firma del supervisor de campo/planta: _____

Anexo 18: LISTA DE VERIFICACIÓN DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE AMBIENTES Y ÁREAS DE TRABAJO

Código: FIC-LD-08 **Versión:** 1.0 **Fecha:** // ____

Área inspeccionada: _____

Inspector responsable: _____

Verificación de Condiciones Generales de Limpieza

Ítem	Área o elemento evaluado	Limpieza diaria realizada (S/N)	Desinfección realizada (S/N)	Observaciones
1	Pisos (sin acumulación de residuos o líquidos)			
2	Paredes (libres de manchas, suciedad)			
3	Techos (sin telarañas, polvo visible)			
4	Puertas y manijas			
5	Ventanas y marcos			
6	Mesas de trabajo			
7	Almacén de materiales			
8	Área de recepción de insumos			
9	Área de lavado			
10	Áreas comunes (comedor, pasillos, descanso)			

Condiciones del Procedimiento de Limpieza y Desinfección

Ítem	Elemento observado	Cumple (S/N)	Observaciones
1	Uso correcto de detergentes y desinfectantes		

Ítem	Elemento observado	Cumple (S/N)	Observaciones
2	Personal capacitado y con EPP adecuado durante la limpieza		
3	Frecuencia de limpieza según el plan establecido		
4	Registro diario de limpieza disponible		
5	Eliminación adecuada de residuos generados		

Evaluación Final

- Total de ítems verificados: _____
- Ítems que cumplen: _____
- Porcentaje de cumplimiento: _____ %

Acciones correctivas sugeridas:

.....

..

.....

..

Firma del inspector: _____

Firma del responsable del área: _____

Anexo 19: FORMATO DE AUDITORÍA INTERNA DE CALIDAD

Código: FIC-AIC-09 **Versión:** 1.0 **Fecha:** // ____
Auditor responsable: _____ (tesista)
Área auditada: _____
Periodo de auditoría: // ____ al // ____

I. DATOS GENERALES

Ítem	Detalle
Nombre del auditor	
Cargo del auditor	
Nombre del auditado	
Cargo del auditado	
Proceso auditado	
Responsable del proceso	

II. LISTA DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO

Nº	Criterio a evaluar	Evidencia encontrada	Cumple (S/N)	Observaciones
1	Existencia de procedimientos documentados del proceso			
2	Registros actualizados de control de calidad			
3	Personal capacitado en BPM y POES			
4	Identificación y trazabilidad del producto			
5	Uso adecuado de equipos y utensilios de medición y monitoreo			
6	Cumplimiento del cronograma de limpieza y desinfección			

Nº	Criterio a evaluar	Evidencia encontrada	Cumple (S/N)	Observaciones
7	Plan de acciones correctivas frente a hallazgos anteriores			
8	Control de plagas documentado y ejecutado			
9	Condiciones higiénicas del entorno general			
10	Indicadores de desempeño y mejora continua implementados			

III. CONCLUSIONES DE LA AUDITORÍA

- Fortalezas encontradas:

.....

- No conformidades detectadas:

.....

IV. PLAN DE ACCIONES CORRECTIVAS

Nº	No conformidad detectada	Acción correctiva sugerida	Responsable	Fecha límite	Seguimiento
1					
2					

Firma del auditor: _____

Firma del auditado: _____