

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN



**“PÉRDIDAS ECONÓMICAS POTENCIALES EN LA CADENA
PRODUCTIVA DE MANDARINAS (*Citrus reticulata*) POR INGRESO
DEL HUANGLONGBING EN LA COSTA CENTRAL PERUANA”**

TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE ECONOMISTA

RAFAEL CANO LEQUERICA

LIMA – PERÚ

2023

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación

(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)

Tesis_Rafael Cano

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %

INDICE DE SIMILITUD

7 %

FUENTES DE INTERNET

1 %

PUBLICACIONES

1 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|--|------|
| 1 | repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet | 1 % |
| 2 | seminarioprocitrus.org Fuente de Internet | 1 % |
| 3 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 1 % |
| 4 | www.procitrus.org Fuente de Internet | <1 % |
| 5 | repositorio.unicamp.br Fuente de Internet | <1 % |
| 6 | docplayer.es Fuente de Internet | <1 % |
| 7 | vsip.info Fuente de Internet | <1 % |
| 8 | cdn.www.gob.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 9 | www.fao.org Fuente de Internet | <1 % |

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN

**“PÉRDIDAS ECONÓMICAS POTENCIALES EN LA CADENA
PRODUCTIVA DE MANDARINAS (*Citrus reticulata*) POR
INGRESO DEL HUANGLONGBING EN LA COSTA CENTRAL
PERUANA”**

PRESENTADO POR

RAFAEL CANO LEQUERICA

PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE

ECONOMISTA

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL SIGUIENTE JURADO:

.....
Dr. Luis Alberto Jiménez Díaz
PRESIDENTE

.....
Dr. Waldemar Fernando Mercado Curi
ASESOR

.....
Mg. Sc. Ramón Alberto Diez Matallana
MIEMBRO

.....
Econ. Juan Carlos Rojas Cubas
MIEMBRO

Lima – Perú

2023

i

DEDICATORIA

Quisiera dedicar esta investigación a mi esposa, por ser la roca que me sostiene, mi principal motivación para ver de colores la vida y por elegirme como su compañero de batallas.

A mis padres, por darme la vida y enseñarme como vivirla a plenitud. Finalmente, a ti madre, por inspirarme a ser fuerte y a perseverar en mis objetivos, siempre con el anhelo de hacerte sentir orgullosa.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer ante todo a Dios,
porque sin Él nada es posible.

Agradezco también a mi asesor de tesis,
el Dr. Waldemar Mercado, quien con su
vasta experiencia y conocimiento supo
dirigirme en esta investigación a pesar
de las dificultades presentadas en el
camino.

De igual forma al profesor Juan Carlos
Rojas y a mis compañeras de
investigación, quienes me brindaron sus
aportes para el logro de este gran
objetivo académico.

Extiendo un especial agradecimiento a la
Asociación de Productores de Cítricos
del Perú – PROCITRUS, quienes
impulsaron esta investigación con el
objetivo de preservar la gran producción
cítrica a nivel nacional y velar por el
futuro de los productores agrícolas del
país.

Finalmente, a mi casa de estudios, la
UNALM, que me introdujo el amor por
la investigación y el conocimiento
científico, y a la cual espero retribuirle
algo de lo regalado en el futuro.

INDICE GENERAL

| | | |
|---------|---|----|
| I. | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. | REVISION DE LITERATURA | 4 |
| 2.1. | ANTECEDENTES | 4 |
| 2.1.1. | <i>Estado del arte</i> | 4 |
| 2.1.2. | <i>Políticas preventivas aplicadas</i> | 6 |
| 2.2. | MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.2.1. | <i>Producción y oferta en la economía agraria</i> | 7 |
| 2.2.2. | <i>Economía de la demanda en el mercado agrario</i> | 7 |
| 2.2.3. | <i>Cadena productiva directa</i> | 9 |
| 2.2.4. | <i>Bienestar social</i> | 10 |
| 2.2.5. | <i>Externalidades</i> | 11 |
| 2.2.6. | <i>Excedente del productor</i> | 11 |
| 2.2.7. | <i>Modelo epidemiológico</i> | 12 |
| 2.2.8. | <i>Pérdidas de producción y mercados por externalidades</i> | 13 |
| 2.2.9. | <i>Análisis Beneficio Costo (ABC)</i> | 13 |
| 2.2.10. | <i>Estudios de prospectiva</i> | 13 |
| 2.3. | CONTEXTO DEL CÍTRICO MANDARINA EN EL PERÚ | 14 |
| 2.3.1. | <i>Situación actual de la producción del cítrico mandarina en el Perú</i> | 14 |
| 2.3.2. | <i>El comercio de mandarina: mercado interno y exportaciones</i> | 19 |
| III. | METODOLOGÍA | 26 |
| 1.1. | FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS..... | 26 |
| 1.1.1. | <i>Hipótesis general</i> | 26 |
| 1.1.2. | <i>Hipótesis específicas</i> | 26 |
| 1.2. | ZONA DE ESTUDIO..... | 27 |
| 1.3. | FUENTE DE INFORMACIÓN | 28 |
| 1.3.1. | <i>Información primaria</i> | 28 |
| 1.3.2. | <i>Información secundaria</i> | 28 |
| 1.4. | VARIABLES DE ANÁLISIS | 29 |
| 1.5. | MÉTODOS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN | 30 |
| 1.5.1. | <i>Población y muestra</i> | 30 |
| 1.5.2. | <i>Tratamiento de los datos</i> | 33 |
| 1.5.3. | <i>Escenarios</i> | 33 |
| 1.5.4. | <i>Modelo epidemiológico</i> | 36 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 50 |

| | |
|---|------------|
| 4.1. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS A LA POBLACIÓN OBJETIVO | 50 |
| 4.1.1. <i>Características del productor de mandarina en la Costa Central.....</i> | <i>50</i> |
| 4.1.2. <i>Estructura agraria.....</i> | <i>53</i> |
| 4.1.3. <i>Destino y comercialización.....</i> | <i>59</i> |
| 4.2. ESCENARIO TENDENCIAL | 61 |
| 4.3. ESCENARIOS CON HLB..... | 66 |
| 4.3.1. <i>Escenario epidemiológico (con HLB y sin PNF).....</i> | <i>69</i> |
| 4.3.2. <i>Escenario de adopción total (con HLB y el 100 % de aplicación del PNF).....</i> | <i>71</i> |
| 4.3.3. <i>Escenario de adopción parcial (con HLB y el solo un porcentaje de productores adoptan el PNF).....</i> | <i>73</i> |
| 4.4. ANÁLISIS BENEFICIO COSTO..... | 74 |
| 4.4.1. <i>Costo de producción en el tiempo</i> | <i>74</i> |
| 4.4.2. <i>Coefficientes de costos y jornales en la cadena productiva de la mandarina....</i> | <i>78</i> |
| 4.4.3. <i>Costos de producción incrementales debido a la enfermedad del HLB</i> | <i>89</i> |
| 4.5. ABC DE LA CADENA PRODUCTIVA DIRECTA DE MANDARINA, EN ESCENARIOS DE ADOPCIÓN PARCIAL Y TOTAL..... | 95 |
| 4.5.1. <i>ABC de la cadena productiva directa de mandarinas, con escenario de adopción parcial de 25 % de los productores y costos de HLB en soles.....</i> | <i>95</i> |
| 4.5.2. <i>ABC de la cadena productiva directa de mandarinas, con escenario de adopción parcial de 30 % de los productores y costos de HLB en soles.....</i> | <i>96</i> |
| 4.5.3. <i>ABC de la cadena productiva directa de mandarinas, con escenario de adopción parcial de 40 % de los productores y costos de HLB en soles.....</i> | <i>98</i> |
| 4.5.4. <i>ABC de la cadena productiva directa de mandarinas, con escenario de adopción parcial de 50 % de los productores y costos de HLB en soles.....</i> | <i>100</i> |
| 4.5.5. <i>ABC de la cadena productiva directa de mandarinas, con escenario de adopción parcial de 75 % de los productores y costos de HLB en soles.....</i> | <i>102</i> |
| 4.5.6. <i>ABC de la cadena productiva directa de mandarinas, con escenario de adopción total (100 %) de los productores y costos de HLB en soles</i> | <i>104</i> |
| 4.6. RELACIÓN DE RATIOS B/C SEGÚN PORCENTAJE DE ADOPCIÓN DEL PNF EN PRODUCTORES DE MANDARINA | 106 |
| 4.6.1. <i>Simulación de factibilidad del PNF según ABC por periodos de inversión... </i> | <i>106</i> |
| 4.6.2. <i>Simulación de variación de precios al productor y ejecución del Programa Nacional Fitosanitario</i> | <i>108</i> |
| 4.7. SINTESIS DE RESULTADOS | 112 |
| 4.8. DISCUSIÓN..... | 113 |
| V. CONCLUSIONES..... | 116 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 119 |
| VII. BIBLIOGRAFIA..... | 121 |
| VIII. ANEXOS | 126 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Demanda interna aparente (DIA) de mandarina y nivel de precios (al por mayor – al consumidor directo)..... | 19 |
| Tabla 2. Producción nacional total de mandarina (en toneladas) por región y porcentaje de participación regional en la producción total – año 2022..... | 20 |
| Tabla 3. Comercialización de mandarina en el mercado interno por variedad del cítrico, para el periodo 2018 – 2022 (en toneladas)..... | 21 |
| Tabla 4. Unidades agropecuarias (UA) de la región Lima dedicadas al cultivo perenne de mandarina – Región Lima 2022..... | 22 |
| Tabla 5. Unidades agropecuarias (UA) de la región Ica dedicadas al cultivo perenne de mandarina – Región Ica 2022..... | 23 |
| Tabla 6. Superficie agrícola de Lima e Ica año 2020 y porcentaje de participación en el PIB agrícola nacional..... | 28 |
| Tabla 7. Número de unidades agropecuarias a nivel provincial..... | 30 |
| Tabla 8. Número de encuestas a nivel distrital para provincias de Lima..... | 31 |
| Tabla 9. Número de encuestas final a nivel distrital tras ajuste de muestreo..... | 32 |
| Tabla 10. Número de encuestas de costos de producción a nivel provincial..... | 33 |
| Tabla 11. Escenarios alternativos del Análisis Beneficio / Costo para adopción del Programa Nacional Fitosanitario y evaluación de resultados..... | 34 |
| Tabla 12. Modelo dinámico del número de árboles en una hectárea por categoría de edad a través del tiempo..... | 40 |
| Tabla 13. Participación de la superficie cosechada por categoría de edad de los árboles a través del tiempo..... | 41 |
| Tabla 14. Producción total, superficie cosechada total y super cosechada por categoría de edad de los árboles, a través del tiempo..... | 42 |
| Tabla 15. Rendimiento y producción por categoría de edad a través del tiempo..... | 43 |
| Tabla 16. Número de árboles por hectárea y por categoría de edad de los árboles en el tiempo, con eliminación del 2 % preventivo de árboles por hectárea..... | 45 |
| Tabla 17. Número de árboles por hectárea y por categoría de edad de los árboles en el tiempo, con eliminación del 3 % preventivo de árboles por hectárea..... | 47 |
| Tabla 18. Características principales del hogar del productor y ocupación..... | 50 |
| Tabla 19. Porcentaje de árboles de mandarina por categoría de edad..... | 54 |
| Tabla 20. Porcentaje de destino de la producción según tipo de productor..... | 55 |
| Tabla 21. Porcentaje promedio de destino de venta de la producción de mandarina..... | 60 |
| Tabla 22. Modelos de predicción estimados para el nivel de la producción regional de mandarina (Lima + Ica) al año 2040 y coeficiente de determinación estadística..... | 61 |
| Tabla 23. Estimación de la producción de mandarina (toneladas) al 2040..... | 62 |
| Tabla 24. Características de clusters por atributos de riesgo ante el ingreso del HLB..... | 65 |
| Tabla 25. Producción tendencial, producción con escenario epidemiológico y pérdida de la producción con HLB en términos porcentuales, 2023-2040..... | 70 |

| | |
|---|----|
| Tabla 26. Producción tendencial sin HLB, producción con HLB, producción con PNF al 100 % estricto y pérdida porcentual de producción con HLB, 2023 – 2040..... | 72 |
| Tabla 27. Producción tendencia, producción con HLB tendencial, producción con PNF estricto y producción con escenarios de adopción parcial de los productores del PNF, 2023 – 2040..... | 73 |
| Tabla 28. Costos de producción total, costos de instalación y costos de mantenimiento para escenario tendencial y escenario epidemiológico por Ha (soles)..... | 75 |
| Tabla 29. Costos totales de producción con control bajo del HLB para escenarios de adopción parcial y total por hectárea 2023 – 2040 (soles)..... | 76 |
| Tabla 30. Costos totales de producción con control medio del HLB para escenarios de adopción parcial y total por hectárea 2023 – 2040 (soles)..... | 77 |
| Tabla 31. Costos totales de producción con control alto del HLB para escenarios de adopción parcial y total por hectárea 2023 – 2040 (soles)..... | 78 |
| Tabla 32. Indicadores técnicos de costos para 10 TM de producción de mandarina, generación de valores y jornales directos en la cadena productiva directa de mandarina (valores en soles actualizados en 2023)..... | 80 |
| Tabla 33. Pérdida de producción en escenarios de adopción parcial y adopción total en relación a escenario de producción tendencial (sin HLB)..... | 81 |
| Tabla 34. Estimación de ingresos por pérdidas evitadas de producción por escenarios de adopción parcial y adopción total con HLB (en soles 2023)..... | 82 |
| Tabla 35. Pérdida de jornales en la cadena productiva directa de mandarina en la costa central del Perú (Departamentos de Lima e Ica) y ganancias no realizadas por los actores de la cadena directa, escenario de adopción parcial del PNF al 25 %..... | 83 |
| Tabla 36. Pérdida de jornales en la cadena productiva directa de mandarina en la costa central del Perú (Departamentos de Lima e Ica) y ganancias no realizadas por los actores de la cadena directa, escenario de adopción parcial del PNF al 30 %..... | 84 |
| Tabla 37. Pérdida de jornales en la cadena productiva directa de mandarina en la costa central del Perú (Departamentos de Lima e Ica) y ganancias no realizadas por los actores de la cadena directa, escenario de adopción parcial del PNF al 40 %..... | 85 |
| Tabla 38. Pérdida de jornales en la cadena productiva directa de mandarina en la costa central del Perú (Departamentos de Lima e Ica) y ganancias no realizadas por los actores de la cadena directa, escenario de adopción parcial del PNF al 50 %..... | 86 |
| Tabla 39. Pérdida de jornales en la cadena productiva directa de mandarina en la costa central del Perú (Departamentos de Lima e Ica) y ganancias no realizadas por los actores de la cadena directa, escenario de adopción parcial del PNF al 75 %..... | 87 |
| Tabla 40. Pérdida de jornales en la cadena productiva directa de mandarina en la costa central del Perú (Departamentos de Lima e Ica) y ganancias no realizadas por los actores de la cadena directa, escenario de adopción parcial del PNF al 100 %..... | 88 |
| Tabla 41. Presupuesto total anualizado y por distribución porcentual anual, otorgado al PIP “Erradicación de la Mosca de la Fruta”..... | 89 |
| Tabla 42. Cantidad total de hectáreas hospedantes por departamento, porcentaje de participación y estimación de presupuesto otorgado por hectárea hospedante..... | 90 |
| Tabla 43. Superficie agrícola total y superficie agrícola destinada al cultivo de cítricos..... | 91 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 44. Superficie agrícola destinada al cultivo de cítricos susceptible a la afectación por ingreso del HLB y presupuesto para cinco años de ejecución (periodo 2024 – 2028)..... | 92 |
| Tabla 45. Distribución porcentual del financiamiento otorgado al PNF para HLB..... | 92 |
| Tabla 46. Propuesta de financiamiento otorgado al PNF para HLB a nivel nacional y a nivel Costa Central. Periodo 2024 – 2040..... | 93 |
| Tabla 47. Costos incrementales por Vigilancia y Control del HLB del Gobierno (SENASA) y PROCITRUS (soles) a valor nominal (2024-2040) VAN al año 0 (2023)..... | 94 |
| Tabla 48. Costos incrementales de productores de mandarina en Costa Central, debido al implemento de actividades para control y manejo del HLB (en soles)..... | 95 |
| Tabla 49. Análisis Beneficio Costo (ABC) de la cadena productiva de mandarina en la Costa Central, en escenario de adopción parcial al 25 % de adopción por parte de los productores y con costos altos de control del HLB..... | 96 |
| Tabla 50. Análisis Beneficio Costo (ABC) de la cadena productiva de mandarina en la Costa Central, en escenario de adopción parcial al 30 % de adopción por parte de los productores y con costos altos de control del HLB..... | 97 |
| Tabla 51. Análisis Beneficio Costo (ABC) de la cadena productiva de mandarina en la Costa Central, en escenario de adopción parcial al 40 % de adopción por parte de los productores y con costos altos de control del HLB..... | 99 |
| Tabla 52. Análisis Beneficio Costo (ABC) de la cadena productiva de mandarina en la Costa Central, en escenario de adopción parcial al 50 % de adopción por parte de los productores y con costos altos de control del HLB..... | 101 |
| Tabla 53. Análisis Beneficio Costo (ABC) de la cadena productiva de mandarina en la Costa Central, en escenario de adopción parcial al 75 % de adopción por parte de los productores y con costos altos de control del HLB..... | 103 |
| Tabla 54. Análisis Beneficio Costo (ABC) de la cadena productiva de mandarina en la Costa Central, en escenario de adopción total al 100 % de adopción por parte de los productores y con costos altos de control del HLB..... | 105 |
| Tabla 55. Relación B/C en los distintos niveles de adopción del PNF en la cadena productiva de mandarina en Costa Central del Perú..... | 106 |
| Tabla 56. Inversión anual acumulada por parte del Gobierno del Perú (SENASA) para la vigilancia y control del HLB, a nivel macrorregional y nacional (en soles)..... | 107 |
| Tabla 57. Beneficio obtenido (por cálculo de pérdidas evitadas) para cinco, diez y diecisiete años de ejecución presupuestal del PIP (en soles) para implementación del PNF contra el HLB..... | 107 |
| Tabla 58. Ratios B/C por periodos de financiamiento del proyecto de inversión pública para implementación del PNF contra el HLB a cinco, diez y diecisiete años..... | 108 |
| Tabla 59. Simulación de ratios B/C tras variación negativa en precios al productor de mandarina y costos constantes en la cadena productiva directa de mandarina..... | 109 |
| Tabla 60. Simulación de ratios B/C tras variación positiva en precios al productor de mandarina y costos constantes en la cadena productiva directa de mandarina..... | 110 |
| Tabla 61. Simulación de ratios B/C tras variación en el año de inicio de la ejecución del PNF como proyecto de inversión pública según porcentaje de adopción del PNF..... | 111 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Valor agregado de la producción del sector y su aporte porcentual al PIB peruano para el periodo 2020 – 2021..... | 15 |
| Figura 2. Valor agregado de la producción del sector agrícola y su aporte a la generación de empleo..... | 16 |
| Figura 3. Valor bruto de la producción de mandarina para el año 2022 en países de la región y su porcentaje de aporte relativo al VBP sudamericano y mundial..... | 17 |
| Figura 4. Producción total de mandarina a nivel nacional y cantidad exportada para el periodo 2000 – 2021..... | 18 |
| Figura 5. Porcentaje de participación en el mercado interno de mandarina, por variedad del cítrico para el año 2022..... | 21 |
| Figura 6. Producción de mandarina destinada a la exportación y principales países de destino (participación en porcentajes) para el año 2022..... | 24 |
| Figura 7. Porcentaje de participación en el mercado externo de mandarina, por variedad del cítrico para el año 2022..... | 25 |
| Figura 8. Flujos de aplicación del modelo epidemiológico para la obtención del nivel productivo con HLB en los distintos escenarios planteados para análisis..... | 36 |
| Figura 9. Estructura del nivel educativo del productor de mandarina..... | 51 |
| Figura 10. Estructura del nivel de ingreso mensual del productor de mandarina..... | 52 |
| Figura 11. Fuente de ingreso del productor de mandarina..... | 52 |
| Figura 12. Distribución porcentual del tipo de productores por provincia y distrito..... | 53 |
| Figura 13. Porcentaje de productores que cuentan con algún tipo de certificación..... | 56 |
| Figura 14. Procedencia de los plántones de mandarina adquiridos por productores..... | 57 |
| Figura 15. Principales enfermedades que aquejan a las plantaciones de mandarina en la Costa Central del Perú..... | 58 |
| Figura 16. Principales plagas que aquejan a las plantaciones de mandarina..... | 59 |
| Figura 17. Porcentaje de destino de venta para la producción de mandarina..... | 59 |
| Figura 18. Producción tendencial de mandarina en los Departamentos de Lima e Ica, para el período de análisis 1980 – 2040..... | 62 |
| Figura 19. Número de clusters óptimo seleccionado mediante la metodología ELBOW..... | 63 |
| Figura 20. Curvas de progreso de severidad del HLB (proporción de copa afectada del árbol) por categoría de edad de los árboles tras la aparición del primer síntoma..... | 66 |
| Figura 21. Curvas de progreso de incidencia del HLB (proporción de árboles con sintomatología por hectárea cuando la enfermedad es detectada por primera vez)..... | 67 |
| Figura 22. Curvas de severidad total en una hectárea de cultivo, que reflejan la producción relativa y la severidad del HLB..... | 68 |
| Figura 23. Rendimientos de producción con HLB en función a la edad de las plantaciones tras la aparición del primer síntoma..... | 69 |
| Figura 24. Producción tendencial y escenario epidemiológico en toneladas, 1980-2040..... | 70 |

| | |
|---|----|
| Figura 25. Producción tendencial, escenario epidemiológico y escenario de adopción total en toneladas, 1980-2040..... | 72 |
| Figura 26. Producción tendencial, escenario epidemiológico, escenario de adopción total y escenarios de adopción parcial en toneladas, 1980-2040..... | 74 |
| Figura 27. Flujos en cantidades de mandarina en poder de los agentes de la cadena productiva directa en el Departamento de Lima..... | 79 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo 1. Proyección estadística de la producción de mandarina para el período 2023 – 2040..... | 126 |
| Anexo 2. Modelos de predicción estimados para la proyección de la producción de mandarina para el periodo comprendido entre el 2023 al 2040..... | 127 |
| Anexo 3. Número de árboles estimados en una hectárea por categoría de edades a través del tiempo..... | 129 |
| Anexo 4. Participación estimada de la superficie cosechada en una hectárea por categoría de edades a través del tiempo..... | 130 |
| Anexo 5. Producción total, superficie cosechada total y superficie cosechada estimados por categoría de edades a través del tiempo..... | 131 |
| Anexo 6. Rendimiento y producción estimados por categoría de edades a través del tiempo..... | 132 |
| Anexo 7. Número de árboles estimados en una hectárea por categoría de edades a través del tiempo, con una eliminación del 2% de árboles anualmente..... | 133 |
| Anexo 8. Número de árboles estimados en una hectárea por categoría de edades a través del tiempo, con una eliminación del 3% de árboles anualmente..... | 134 |
| Anexo 9. Simulación bajo escenarios de adopción en contexto de producción tendencial constante al año 2028..... | 135 |
| Anexo 10. Simulación de factibilidad para aplicación del PNF tras detención de la producción en el año 2028..... | 137 |

RESUMEN

Perú se ha consolidado como exportador de mandarina principalmente al Asia y Europa gracias a su calidad. Esta bonanza está amenazada por el ingreso de la enfermedad del Huanglongbing (HLB), reportada en países de la región donde ha dejado consecuencias nefastas para la producción de cítricos. El objetivo de la tesis fue determinar las pérdidas económicas potenciales que generaría el ingreso del HLB en la cadena productiva de mandarina en la Costa Central del Perú (provincias productoras de Lima e Ica), en diversos escenarios prospectivos para el periodo 2024 - 2040, estimando la relación Beneficio / Costo de potenciales pérdidas económicas evitadas en caso de ponerse en ejecución un Programa Nacional Fitosanitario (PNF). En el análisis prospectivo, se usó un Modelo Lineal simple para la proyección tendencial de la producción, y un modelo epidemiológico para los escenarios con HLB y el impacto de la implementación del PNF. Se realizó un análisis Beneficio / Costo para calcular los costos asociados a la entrada del HLB y el impacto de la implementación del PNF en cultivos de mandarina. Las simulaciones de escenarios confirman el impacto negativo del ingreso del HLB en el año 2024 en la cadena productiva directa de mandarina en la Costa Central, así como los diversos niveles de pérdidas económicas ocasionadas según el nivel de implementación del PNF en los productores de mandarina de esta zona. Se concluye que se confirma que el ingreso del HLB en Costa Central produciría en el año 2040 la caída de la producción de mandarina en un 78 % si no se aplicase el PNF que limite los efectos nocivos y que permita continuar las actividades productivas y comerciales.

Palabras clave: Prospectiva, mandarina, Huanglongbing, Costa Central, modelo epidemiológico, beneficio – costo.

ABSTRACT

Peru has established itself as a tangerine exporter mainly to Asia and Europe thanks to its quality. This bonanza is threatened by the entry of the Huanglongbing disease (HLB), reported in countries of the region where it has had disastrous consequences for citrus production. The objective of the thesis was to determine the potential economic losses that the entry of HLB would generate in the mandarin production chain in the Central Coast of Peru (producing provinces of Lima and Ica), in various prospective scenarios for the period 2024 - 2040, estimating the Benefit / Cost ratio of potential economic losses avoided in the event of implementing a National Phytosanitary Program (PNF). In the prospective analysis, a simple Linear Model was used for the trend projection of production, and an epidemiological model for the scenarios with HLB and the impact of the implementation of the PNF. A Benefit / Cost analysis was carried out to calculate the costs associated with the entry of the HLB and the impact of the implementation of the PNF on mandarin crops. The scenario simulations confirm the negative impact of the entry of the HLB in the year 2024 in the direct productive chain of mandarins in the Central Coast, as well as the different levels of economic losses caused according to the level of implementation of the PNF in the mandarin producers of this zone. It is concluded that it is confirmed that the entry of the HLB in the Central Coast would produce a 78% drop in mandarin production in 2040 if the PNF was not applied to limit the harmful effects and to allow productive and commercial activities to continue.

Keywords: Prospective, tangerine, Huanglongbing, central coast, epidemiological model, benefit - cost.

I. INTRODUCCIÓN

Un efecto perjudicial para las economías agrícolas es el causado por la aparición de plagas que atacan recurrentemente a los cultivos alrededor del mundo, perjudicando su crecimiento, rendimiento, composición, estado, características entre otros, ocasionando el aumento de los costos productivos que se traducen en pérdidas económicas.

En el caso de cultivos cítricos, la enfermedad del Huanglongbing (HLB) conocida también como el Dragón Amarillo, *Greening* o HLB, es provocada por bacterias y un vector transmisor que en conjunto producen una serie de deformaciones en los brotes, coloraciones variadas en los frutos y otros efectos no deseados (Salcedo et al, 2010). Hasta la fecha han sido identificadas tres variedades de esta enfermedad: africana, asiática y americana; las cuales han sido clasificadas temporalmente en la categoría de *Candidatus Liberibacter* (León, 2015). Para el caso americano, el insecto vector es el psílido llamado *Diaphorina citri*. El efecto perjudicial de esta enfermedad vegetal aumenta al reconocer que dicho proceso causa el deterioro de la planta, y que puede extenderse rápidamente al resto de la plantación, atacando silenciosamente la calidad y la cantidad del fruto de cada árbol productor (Hodges & Spreen, 2012).

La enfermedad del HLB ha sido reportada en gran parte de la región, se ha confirmado en Brasil (2004), Estados Unidos (2005), Cuba (2007), México (2009), El Caribe (2010), Argentina (2012), Paraguay (2013) y Colombia (2015). De acuerdo a lo indicado en la bibliografía de la FAO (2021), es posible su ingreso al Perú en los siguientes años dado que durante 2018 y 2019 se detectó el insecto vector *Diaphorina citri* en Tumbes y Piura, proveniente del Ecuador debido a la circulación formal e informal de las plantas hospederas (principalmente de la *Murraya Paniculata*, planta utilizada en arreglos florales) y que fue controlada por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA, 2020).

León (2015) señala que Brasil fue el primer país latinoamericano en recibir una de las tres especies actualmente conocidas de la bacteria productora del HLB, la *Candidatus Liberibacter* (Ca.L.). Teixeira *et al.* (2005) explican en forma detallada las repercusiones

que tuvo la presencia de las variantes *americanus* y *asiaticus* en la producción cítrica de Brasil.

En el caso de Florida (Estados Unidos), uno de los mayores productores de jugo de naranja a nivel mundial, la producción de cítricos se vio disminuida en un 23 % tras la aparición del HLB en el año 2005 (Hodges y Spreen, 2011). Asimismo, la región centro americana ha sido también motivo de estudio y análisis debido a la gran velocidad de propagación del vector que carga la enfermedad (León, 2015).

Brlansky, Chung & Rogers (2007) elaboraron en trabajo conjunto una guía de manejo y control para las enfermedades cítricas como el Huanglongbing. Sin embargo, tal y como lo muestra la FAO (2013) en sus reportes, dichos esfuerzos no pudieron disminuir el impacto de esta enfermedad en los cultivos americanos donde se ha tenido una repercusión considerable en la producción total.

El gobierno americano desde el 2009, tras ver estos alarmantes resultados perjudiciales tanto en los Estados Unidos como en el resto de países productores de cítricos de la región, ha destinados grandes cantidades de dinero en planes de contingencia que si bien han logrado detener el avance de la enfermedad, no han conseguido erradicarla de sus cultivos cítricos debido a no haberse encontrado aún sustancias que logren desterrar al HLB del vegetal sin eliminar a la planta productora (FAO, 2013).

Esta investigación propone entonces la siguiente interrogante que considera los antecedentes revisados en párrafos previos: ¿Cuál será el efecto económico que causaría el ingreso del HLB al suelo peruano sobre la cadena productiva directa del cultivo de cítrico de la mandarina a nivel regional?, y ¿Cuál sería el impacto sobre la cadena productiva directa de la política pública que contribuya a mitigar los efectos negativos del ingreso del HLB en el caso de aplicarse un Plan de Contingencia Fitosanitario?

Para dar respuestas a estas interrogantes, el presente trabajo tiene por:

Objetivo principal

Determinar las pérdidas económicas que se generarían en los eslabones directos de la cadena productiva de mandarina en la Costa Central del Perú debido al ingreso del Huanglongbing (HLB) con prospectiva al año 2040, considerando la posibilidad de implementar un Programa Nacional Fitosanitario (PNF) de prevención, monitoreo y

supervisión de la enfermedad; así, la investigación tiene por finalidad evidenciar en términos económicos el impacto de la política pública.

Objetivos específicos

- OE1) Establecer la línea base de la producción y comercio de la mandarina en la Costa Central, identificando a los actores de la cadena productiva directa,
- OE2) Determinar los escenarios de producción de mandarina del 2024 al 2040, considerando el posible ingreso del HLB y su impacto económico en el nivel de producción y empleo sobre la cadena productiva directa, y
- OE3) Evaluar la viabilidad económica de implementar un PNF de contención de la enfermedad del HLB en la Costa Central por parte de la entidad gubernamental con el cálculo del análisis Beneficio – Costo, considerando escenarios prospectivos de implementación del PNF y sin la existencia de éste.

Esta evaluación contribuirá con un diagnóstico situacional del cultivo de mandarina en la Costa Central del Perú y una simulación prospectiva incluyendo la presencia del insecto vector el 2023 y la detección del HLB para el 2024, de tal manera que ello permita proyectar escenarios de producción futura hasta al año 2040 con y sin presencia del HLB. A la vez, este análisis comprobará la factibilidad económica de la implementación de un PNF que mitigue los efectos del HLB en cultivos de mandarina para la posible ejecución de un programa de control por parte del ente gubernamental, encargado de la aplicación de políticas públicas.

II. REVISION DE LITERATURA

La investigación incursiona en la problemática del cultivo de la mandarina en Costa Central tras el posible ingreso de la enfermedad del HLB en el Perú. A continuación, se tratan los puntos teóricos que apoyan el sustento del tema y enfoques para observar consecuencias que acarrearía el ingreso de dicho patógeno en la producción de cítricos a nivel nacional.

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. *Estado del arte*

Bassanezi, Belasque y Barbosa (s.f.), elaboraron una proyección de la producción del cítrico naranja en el Estado de San Pablo y Sur del Triángulo Minero (Brasil) para evaluar las consecuencias en la producción del cítrico naranja tras aplicar dos tipos de control contra el HLB: el primero consistía en la remoción de plantas cítricas sintomáticas con el objetivo de reducir el inóculo; mientras que el segundo consistía en el tratamiento de las plantas cítricas con insecticidas para controlar la propagación del insecto vector. El progreso de severidad en plantas con la enfermedad es estimado con un modelo logístico y el modelo discreto de incidencia (Bassanezi & Bassanezi, 2008), la relación de severidad de síntomas de HLB fue calculado con el modelo exponencial negativo (Bassanezi *et al.*, 2008). Los resultados concluyen que en huertos de menor edad la severidad e incidencia de la enfermedad es mayor y llama la atención de la extrema gravedad de poseer la enfermedad en torno al desarrollo de la agroindustria.

Miranda *et al.* (2012), tienen como objetivo estimar los impactos potenciales de la creciente propagación del HLB en el Estado de San Pablo (Brasil). Para calcular el desarrollo de la enfermedad utiliza el modelo epidemiológico propuesto por Bassanezi (2008), y el método Beneficio-Costo para estimar las pérdidas que se podrían evitar con un programa gubernamental fitosanitario para un periodo de veinte años, se concluyó que la enfermedad tiene impactos económicos drásticos.

Hodges & Spreen (2012) estiman los ingresos y réditos de la industria cítrica en Florida (Estados Unidos) internalizando los escenarios dicotómicos en los que existe y no existe la presencia de la enfermedad HLB en sus cultivos cítricos. Muestran como existe una

notable disminución de los ingresos entre las temporadas 2006/07 y 2010/11, teniendo una brecha de 1,364 millones de dólares perdidos a causa de la enfermedad del HLB.

De igual forma, Spreen & Baldwin (2013) apuntan las conclusiones de su investigación a tres aspectos: la enfermedad del HLB tiene consecuencias que incrementan la mortalidad de los árboles de cítricos, reduce rendimientos productivos y aumenta los costos de mantenimiento lo que a fin de cuentas se refleja en una disminución paulatina pero agresiva de los beneficios monetarios.

Halbert *et al.* (2010) estudian el movimiento del insecto vector de Bahamas hacia los Estados Unidos mediante siete remolques con fruta no procesada, encontrando psíldos vivos entre los lados, parte superior de la carga y hasta 30 cm por debajo de la superficie del cultivo cítrico. Con esto, se concluye que el insecto vector puede ser transportado con cítricos cosechados, por lo que se prevé la necesidad de tratamientos para eliminar el insecto vector antes del envío, con lo cual se evitaría la propagación del mismo.

Para el caso mexicano, Salcedo *et al.* (2010) evalúan las pérdidas económicas en los eslabones de la cadena agroalimentaria tras el ingreso de la enfermedad del HLB y también acompañan este análisis con una comparativa entre las medidas de control aplicadas en México y las medidas ejecutadas en otras partes del mundo. Los impactos holísticos en la economía fueron medidos con el modelo NAID-IMPLAN, mientras que para la medición del impacto en la industria citrícola se empezó por la identificación de variables y características que impactarían en el modelo para la posterior aplicación de un muestreo estadístico estratificado. Con esto, se generaron indicadores técnicos que permitieron cuantificar el impacto de la enfermedad del HLB, mostrando así considerables pérdidas en jornales, exportaciones y en la economía en general.

Robles-González *et al.* (2013) desarrollan su investigación en huertas de limón mexicano, en el Estado de Colima, con el objetivo de lograr la caracterización de los síntomas de la enfermedad en el árbol de cítrico, conocer sus efectos sobre el rendimiento del mismo y evaluar las variaciones, modificaciones y cambios perjudiciales en el fruto del árbol infectado. También indagaron en la dispersión de la enfermedad por el huerto estudiado. Los resultados concluyentes de la investigación mostraron un crecimiento vigoroso en plantas con signos de infección; también permitieron observar signos de infección como pequeños puntos amarillos y menor crecimiento del fruto. Finalmente, muestran que en

un huerto sin control epidemiológico se detectaron 53 % de los árboles infectados, con una alta tendencia a la infección total.

Petri *et al.* (2015) elaboran un estudio en Argentina en donde se mide el impacto del potencial ingreso del HLB en la cadena productiva citrícola del país, enfocándose también en el impacto ocasionado en la mandarina y concluyendo que las pérdidas potenciales tendrían un enorme impacto económico, no solo a nivel de producción o rentabilidad de la actividad sino también en actividades anexas que sirven como demandantes o proveedoras del sector. Estos autores estiman una caída de 160 mil toneladas en la producción de mandarina

2.1.2. Políticas preventivas aplicadas

La FAO publica en su portal web (2021) la estrategia regional para la prevención y mitigación de la enfermedad del HLB en América Latina y El Caribe, con el fin de contribuir a la sostenibilidad de la citricultura regional en beneficio de un amplio sector agrícola, en particular de zonas de alta vulnerabilidad.

La estrategia regional engloba una serie de acciones integrales y coordinadas en los distintos niveles de gobierno (local, nacional, subregional y regional), orientadas en tres metas: 1) Reducir las fuentes y carga de inóculo de forma eficaz y oportuna. 2) Reducir la población de psílicos infectivos en áreas geográficas ya infectadas. 3) Reducir el riesgo de infestaciones por poblaciones de psílicos externos que migren desde un área geográfica a otra no infestada. Para el logro de estos objetivos, se conformó el Comité Regional de Expertos, el cual reúne a investigadores y personajes relacionados al desarrollo citricultor de diversos países como Belice, Brasil, Chile, Jamaica y México.

El Gobierno Mexicano (2021) en cambio, ha apostado por una estrategia orientada al desarrollo y crecimiento tecnológico como arma principal para la lucha contra la enfermedad del HLB. En un trabajo conjunto entre el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) y el SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria), se han abocado, en el caso del primero, a la generación de conocimiento e innovación tecnológica para atacar al vector transmisor; mientras que el segundo brinda soporte a esta iniciativa otorgando un programa oficial con un componente regulatorio convirtiendo así la información producida en políticas públicas de regulación cercana.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Producción y oferta en la economía agraria

La economía agraria puede entenderse como la rama de la ciencia económica que trata específicamente las características económicas del sector agropecuario y su gran cantidad de interrelaciones en el conjunto de la economía en conjunto (Vivas, 2010). Si bien este mercado posee particularidades que explican las dinámicas en su comportamiento, también se somete a las leyes tradicionales de la oferta y demanda de mercado.

Mankiw (2012) explica las variaciones presentadas en la cantidad ofertada y en la oferta, marcando la diferencia entre ambas como la movilización dentro de la curva trazada en el caso de la primera, y una traslación total (ampliación o contracción) en el caso de la segunda dependiendo del tipo de shock externo que esta sufra.

Aguilar Cruz (2018) desarrolla su investigación en base a los efectos de la contracción de la oferta de limón en el Perú tras el Fenómeno del Niño y su impacto en el precio y consumo de este cítrico. Allí detalla como este desastre natural, de naturaleza exógena, moviliza la curva de oferta y la contrae provocando un aumento de precio en el cítrico y en todos los productos derivados del mismo, así como también en el sector gastronómico, sector agrícola, turismo y hotelería, entre otros, provocando un efecto dominó. Como consecuencia de este suceso natural, los precios minoristas tuvieron un incremento en casi 50 % a su precio habitual, dejando como únicas opciones la sustitución del producto o la renuncia a su consumo.

2.2.2. Economía de la demanda en el mercado agrario

Tal y como mencionan Yáñez & Teruel (1997), la economía agraria posee ciertas características muy propias que la diferencian de los demás sectores económicos o del estudio que se les pueda dar a estos, dada la naturaleza biológica de los procesos inmersos en ella. Dichos autores señalan algunos factores divergentes como la implicancia de fuerzas exógenas al control del hombre (la naturaleza, el trabajo con seres vivos), la intertemporalidad entre el uso de factores productivos y la obtención de producto, la influencia de costos fijos independientemente de la etapa productiva en la que se esté, la alta variabilidad en los costos de transporte, la codependencia con otros sectores productivos o el alto grado de incertidumbre en la actividad agraria a causa de los riesgos que conlleva el proceso en sí de cultivo, extracción y venta. Dentro de los riesgos contemplados se puede identificar la aparición de plagas o enfermedades que dañen al

fruto o al cultivo en su totalidad, lo cual podría ser factor de alto impacto en el comportamiento normal del mercado agrario.

Sin embargo, prosiguen estos autores, todos estos factores diferenciadores no excluyen a la economía agraria de los comportamientos habituales en toda rama de la ciencia económica, ni la exentan de problemáticas o dinámicas presentes en cualquier escenario de mercado. Dicho esto, se asume que la economía agraria se ajusta por ende a los parámetros de la teoría económica, en donde se incluye la Ley de la Demanda.

Varian (2010) explica claramente las fuerzas que impactan en el comportamiento de la demanda de un producto o bien, gran parte de ellas endógenas y provenientes de comportamientos y actitudes del agente demandante quien optimiza su elección mediante una canasta de bienes que su vez maximizan su utilidad.

Es claro también que la cantidad demandada de un bien responde entre otras cosas al precio del mismo. Este es un factor determinante en bienes y servicios que no poseen la característica de ser inelásticos, lo cual ocurre frecuentemente, sobre todo, en productos con abundantes sustitutos o que no califican como bienes o servicios de primera necesidad (agua, arroz, ropa y calzado, educación, salud, etcétera).

El indicador de calidad posee mucha relevancia en la elección de los consumidores cuando se trata de ciertos productos donde los gustos y preferencias tienen un rol más importante en el proceso de selección. Rasmusen (1989) trabaja un modelo en el que coloca dentro de un mismo terreno de comparación el concepto de elasticidad de demanda y calidad del producto en un determinado mercado. Dicho modelo estudia, bajo el supuesto de un mercado en el que operan dos empresas que poseen igualdad en costos hundidos, que el consumidor estará dispuesto a asumir una porción de dichos costos que resultan irre recuperables para una de las empresas si y solo si dicha compañía avoca especiales esfuerzos, es decir dedica dichos costos hundidos, en mejorar la calidad del producto ofrecido.

Aunando la teoría de Rasmusen (1989) y lo declarado por la OEEE – MIDAGRI (2014), se podría dar por sentado que para el consumidor la calidad percibida en el producto mandarina resulta ser de alta relevancia en la elección de compra, más aún que el precio del producto. Esto revelaría que el consumidor podría estar dispuesto a asumir costos hundidos involucrados en preservar dicha calidad, como por ejemplo en el caso de la prevención de enfermedades o plagas que podrían menguar la calidad del cítrico. Este

caso guarda estrecha similitud con la valorización ambiental, un análisis en el que se estudia la importancia que tiene para el individuo la preservación de una especie, hábitat, ecosistema o paisaje, y que tan dispuesto podría estar este a disponer incluso de presupuesto propio para el cuidado de dichos ambientes o especies (Convención Ramsar, 1997).

2.2.3. Cadena productiva directa

Gereffi (2001) define a la cadena productiva (*commodity chain*) como “el amplio rango de actividades involucradas en el diseño, producción y comercialización de un producto”. El mismo autor en colaboración con Korzeniewicz (1994) amplía el concepto de cadena productiva, asociándola a la aparición de la globalización como estrategia de mejora continua y especializada. Dichos autores identifican dos tipos de cadena productiva, una dirigida al productor, caracterizada por grandes empresas que juegan roles de coordinadores centrales entre las redes de producción (empresas automotrices, aviadoras, de tecnología y relacionadas); y otra dirigida al comprador, en la cual las grandes compañías solamente ejercen funciones de pivotes, que redireccionan la producción a los mayores focos exportadores, comúnmente localizados en países que se encuentran en vías de desarrollo.

La Dirección General de Promoción Agraria – DGPA (s.f.) del MIDAGRI otorga el siguiente concepto de cadena productiva directa:

Es un conjunto de agentes económicos interrelacionados por el mercado desde la provisión de insumos, producción, transformación y comercialización hasta el consumidor final (MIDAGRI, p.3 del glosario de términos pecuarios).

Buck *et al.* (1997) señalan en su trabajo una estandarización de la cadena productiva en el sector agrícola, indicando que algunos eslabones de esta se repiten independientemente de las características del producto cultivado, dada las semejanzas en los procesos que presenta el sector mencionado. Los eslabones de producción primaria, acopio, transformación, transporte y comercio, y para finalizar el consumo; se presentan como factores comunes alrededor del mundo agricultor.

En base a esta definición, se consideran como actores de la cadena productiva directa de la mandarina en la Costa Central del Perú a: productores (pequeños y grandes de acuerdo a las hectáreas dedicadas al cultivo perenne del fruto), acopiadores, transportistas, empacadores, estibadores y desestibadores, mayoristas, comerciantes, procesadores,

transformadores y exportadores. Cada uno de ellos posee un rol directo en la actividad comercial de la mandarina lo cual los hace actores centrales de dicho mercado, sujetos a variaciones en su bienestar personal de acuerdo a cambios ocurridos en la dinámica de mercado de dicho producto agrario.

2.2.4. Bienestar social

Casas (1996) define el bienestar social como el vinculado a la satisfacción de las necesidades sociales, solución de problemas y logro de anhelos de la comunidad. Se acerca a lo que señalan, Blanco & Díaz (2005) que lo definen como algo que engloba lo individual y lo social. En tanto, Pena-Trapero (2009) indica lo siguiente:

Bienestar social se llama al conjunto de factores que participan en la calidad de vida de la persona y que hacen que su existencia posea todos aquellos elementos que den lugar a la tranquilidad y satisfacción humana (Pena-Trapero, 2009, p. 221).

En palabras que se apliquen más cercanamente a lo expresado en este contexto, el bienestar social se comprende como la mejora en el nivel de satisfacción de la sociedad; el estado en el que la utilidad común prima sobre la individual, haciendo que la vida del colectivo sea de mayor calidad desde la perspectiva común. Rhoads (1990) indica también que este concepto sirve de guía al gobierno en la búsqueda de la óptima asignación de recursos y correcta aplicación de políticas sociales.

Como en todo caso donde existan interrelaciones entre agentes, el bien común no necesariamente implica el bien individual. La actividad de un agente que busca su bienestar no necesariamente debe garantizar el bienestar del otro. Es en este punto que aparece el concepto de la economía del bienestar llamado “externalidad”.

Delacámara (2008) explica en su guía que las externalidades (es decir, una influencia no compensada, y muchas veces no planificada, de un agente sobre otro) se presentan frecuentemente en el ámbito ambiental, dada la continua interrelación entre los agentes de una comunidad o ecosistema.

El ingreso de la enfermedad HLB a la Costa Central del Perú es un ejemplo de externalidad negativa dado que, en su búsqueda por mejorar su bienestar, el vector transmisor de la enfermedad produce un efecto no contemplado, planificado o siquiera intencionado sobre la calidad del cultivo cítrico, produciendo así un efecto menguante del

“bienestar” de la planta productora y del fruto obtenido que se ven disminuidos como consecuencia de la actividad del insecto transmisor.

2.2.5. Externalidades

Una externalidad se produce al existir cualquier tipo de afectación debido a la actividad de un tercero no relacionado (Varian, 2010). Las externalidades se consideran efectos o consecuencias alternas, no contempladas y a veces no estimables, que se producen a causa de realizar alguna actividad productiva tal y como lo mencionan Ayres & Kneese (1969). Estos autores reflejan en su trabajo como un punto importante para lidiar con este efecto ineludible en la economía es la capacidad del ambiente para poder asimilar y procesar los efectos de una externalidad negativa sin verse directamente afectado por una situación cuya causa o solución no están a mano.

Laffont (1989) explica acerca de las consecuencias que tienen las externalidades negativas de la producción y diversas alternativas para poder disminuir el impacto de estas en los rendimientos. Si bien “internalizar” la externalidad es la alternativa por excelencia, dicho autor propone la opción de eludir con métodos de contingencia los efectos directos en la producción.

Para el caso aplicativo, en un escenario en el que el HLB ingrese al Perú la posibilidad de darle a la enfermedad un trato de “externalidad negativa” podría resultar altamente viable, debido al efecto exógeno y no contemplado que acarrearía resultados negativos a la sociedad, tanto en el sector privado como en el público. Dicho esto, internalizar una externalidad efecto de un proceso medioambiental nocivo como lo es el ingreso de una pandemia resultaría muy complicado y costoso; en cambio, lograr métodos de contingencia o paliativos por llamarlos de alguna forma ayudarían a disminuir los altos efectos que tendría dicha infección tras un potencial ingreso sin contingencia.

2.2.6. Excedente del productor

Otra consecuencia del análisis del bienestar y la influencia de agentes externos en el comportamiento de un mercado es el concepto de excedente del productor. Zevallos y Guerra-García (1998) indican que el excedente del productor hace referencia a la sumatoria completa de todas las diferencias comprendidas entre el precio que cada productor está dispuesto a aceptar y el precio que recibe realmente del mercado, de una determinada producción.

En el caso que se analiza, el ingreso de una externalidad negativa como lo es la pandemia del HLB en los cítricos, ocasionaría inconvenientes claros en los procesos productivos, y acarrearía como ya se analizó en apartados anteriores, un incremento de costos en la cadena productiva directa y todos los agentes que la conforman. Para tal caso, la teoría indica una disminución del excedente productivo, lo cual se vería reflejado en una baja en el nivel de bienestar social de aquellos agentes económicos incluidos en dicha cadena de valor.

2.2.7. Modelo epidemiológico

Parra *et al.* (1999), se refieren a la epidemiología como el estudio o análisis complejo de la distribución de las enfermedades durante el tiempo, así como también el análisis de otros temas asociados a las mismas tales como el estudio de los factores que las provocan, el riesgo existente de contraerlas, el grado de incidencia que poseen, la mortalidad que acarrearán, entre otros.

Dichos autores tratan directa y específicamente la problemática de la salud pública en su trabajo, y señalan la importancia de un modelo que permita identificar las causas de la enfermedad que ocasiona la pandemia, para lo cual incluyen una serie de variables que analizan el comportamiento de la misma y su desenvolvimiento en diversas sociedades. En su texto se propone la existencia de dos modelos frecuentemente utilizados: el modelo epidemiológico clásico y el social. Para realizar el contraste que permita la comparación entre la efectividad de ambos según el escenario que se suscita, dichos autores estudian la obesidad como problema pandémico en la sociedad, mostrando así que los resultados obtenidos en la aplicación de ambos modelos por separado distan mucho el uno del otro, deslizándose así la idea de que el ámbito en el que se apliquen resulta ser una variable de alta relevancia para conseguir datos y estimaciones fidedignas en torno al comportamiento de un agente vectorial pandémico.

Este concepto fue utilizado en otros ámbitos, siendo uno muy importante la agricultura y su aplicación práctica, la fitopatología. Cox-Tamay y Heredia-Campos (2020) hablan sobre las enfermedades en la agricultura y de cómo diferentes agentes patógenos, virus o bacterias afectan el comportamiento natural de los cultivos creando en ellos dificultades que en algunas oportunidades pueden desencadenar efectos epidemiológicos que requieren medidas severas para ser controlados, incluyendo algunas como la deforestación y poda de sembríos o cultivos enteros.

2.2.8. Pérdidas de producción y mercados por externalidades

Normalmente una externalidad de índole negativa tiene una repercusión considerable sobre los costos productivos (si se toma como referencia un análisis enfocado en la oferta). Esta puede venir por una influencia directa (que ataca frontalmente al precio de los insumos productivos) o indirecta (el aumento en los costos producidos por tasas impositivas aplicadas por el gobierno para internalizar la externalidad). Un claro ejemplo se observa en temas relacionados al medio ambiente, donde el uso de tasas impositivas aplicadas a empresas que emiten una externalidad negativa en su proceso productivo se hace cada vez más frecuente (Malpica, 2018).

2.2.9. Análisis Beneficio Costo (ABC)

El Ministerio de Economía y Finanzas – MEF de la República del Perú (s.f) define al análisis beneficio – costo de la siguiente manera en su glosario de inversión pública:

Metodología de evaluación de un PIP¹ que consiste en identificar, medir y valorar monetariamente los costos y beneficios generados por el PIP durante su vida útil, con el objeto de emitir un juicio sobre la conveniencia de su ejecución. (MEF, s.f., p.11 del glosario de términos)

Para la aplicación de políticas públicas, el Estado no dispone de las mismas herramientas con las que si cuenta un agente privado interesado en el análisis de la ejecución de un proyecto de inversión, debido principalmente a que el Gobierno no busca invertir en proyectos que le signifiquen ganancias ni beneficios económicos al mediano o largo plazo. El causal fundamental de la ejecución o no ejecución de un proyecto de inversión pública es el cálculo en la variación del bienestar social de una determinada población que se pueda ver afectada o beneficiada tras la aplicación de dicha estrategia.

En el escenario de un posible ingreso de la enfermedad HLB en los cultivos de mandarina de la Costa Central, la aplicación de un plan de contingencia fitosanitario representaría necesariamente un análisis beneficio – costo por parte de la entidad gubernamental, quien tendría a su cargo la importante decisión de evaluar si corresponde o no dedicar esfuerzos y recursos en contener el avance de esta enfermedad tras el cálculo de las pérdidas proyectadas en todos los eslabones de la cadena productiva directa.

2.2.10. Estudios de prospectiva

¹ Siglas que hacen referencia a un Proyecto de Inversión Pública

Miklos (2007) define la prospectiva como la operación conjunta de factores cuantitativos y cualitativos que estudian el comportamiento potencial de actores para establecer posibles futuros o escenarios. Esto, según lo manifestado por Miklos, origina una suerte de “embudo” que permite a una misma realidad derivarse en una serie de opciones según las diversas situaciones que en el transcurso de un análisis puedan suscitarse. Estos escenarios prospectivos pueden clasificarse de acuerdo a posibilidad de ocurrencia, grado de daño que puedan causar o implicancias que cada uno de ellos puedan acarrear. Esta clasificación estaría cercanamente ligada al estudio que se realice.

El valor de realizar un estudio prospectivo y los beneficios que se puedan obtener del mismo radica en la exactitud con la que se planteen los posibles escenarios por los que podrían dar curso los eventos (Cely, 1999). Asimismo, Cely indica la estructura y pasos a seguir para utilizar esta herramienta:

(...) Esta metodología se desarrolla en tres fases: análisis estructural, análisis del juego de actores y elaboración de escenarios, cuyo propósito es analizar el fenómeno en estudio desde un punto de vista retrospectivo y actual (...) para posteriormente presentar la realidad futura en forma de escenarios. (Cely, 1999, p. 26).

Para esta investigación, el análisis prospectivo se enfoca en determinar diversos escenarios de ocurrencia tras el ingreso del HLB a los cítricos, puntualmente a los cultivos de mandarina en Costa Central. Dado que se trata de escenarios pronosticados, se dice que se trata de la aplicación de una visión prospectiva de la situación que permita anticipar, de la manera más precisamente posible, lo que ocurriría en escenarios paralelos en los que la reacción por parte de los agentes involucrados difiere el uno del otro.

2.3. CONTEXTO DEL CÍTRICO MANDARINA EN EL PERÚ

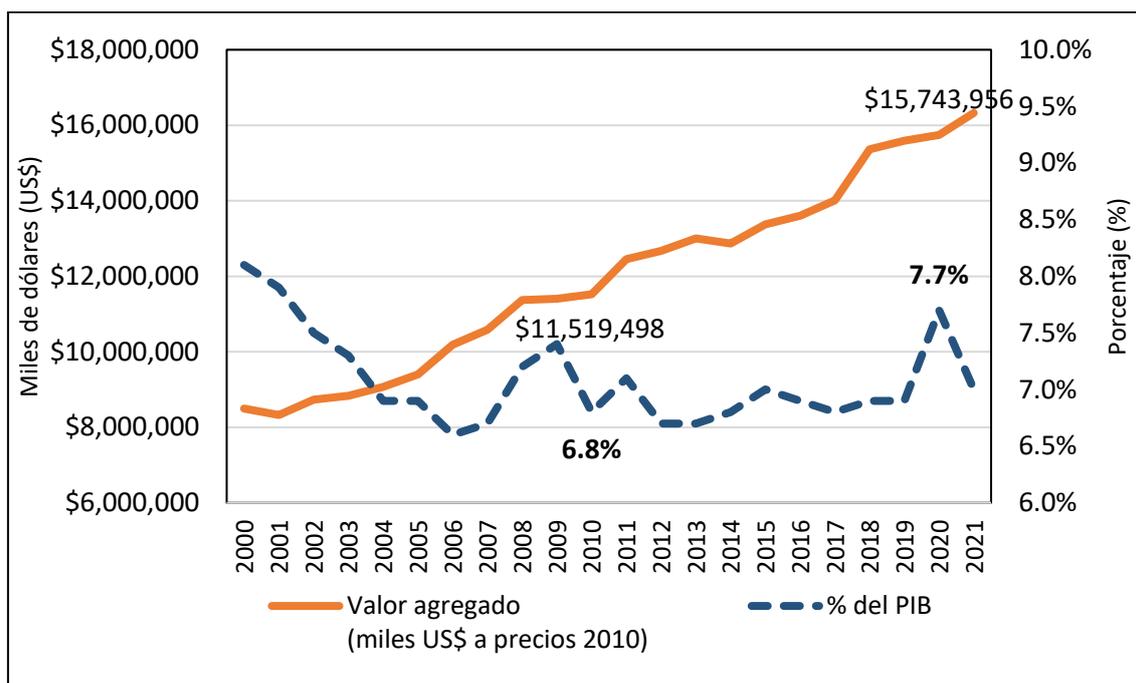
2.3.1. Situación actual de la producción del cítrico mandarina en el Perú

El Banco Mundial (2018) en sus estudios más recientes sobre la economía agrícola peruana indica que el crecimiento de este sector ayuda a la diversificación de la economía y se perfila como un fuerte impulso para la reducción de la pobreza en nuestro país dado que nos aleja de la dependencia que existe hacia las industrias extractivas no renovables, lo cual implica a su vez un cambio en la estructura socioeconómica que nos conllevaría a una variación en el sistema productivo hacia lo sostenible y sustentable.

El sector agrícola peruano tiene un aporte relevante a la economía nacional en términos de su contribución al PBI y a la dinamización de la misma, sin mencionar la cuota de generación de empleo que se le atribuye y que ha ido en descenso con el paso del tiempo (ver Figura 1).

Figura 1

Valor agregado de la producción del sector y su aporte porcentual al PIB peruano para el periodo 2020 – 2021

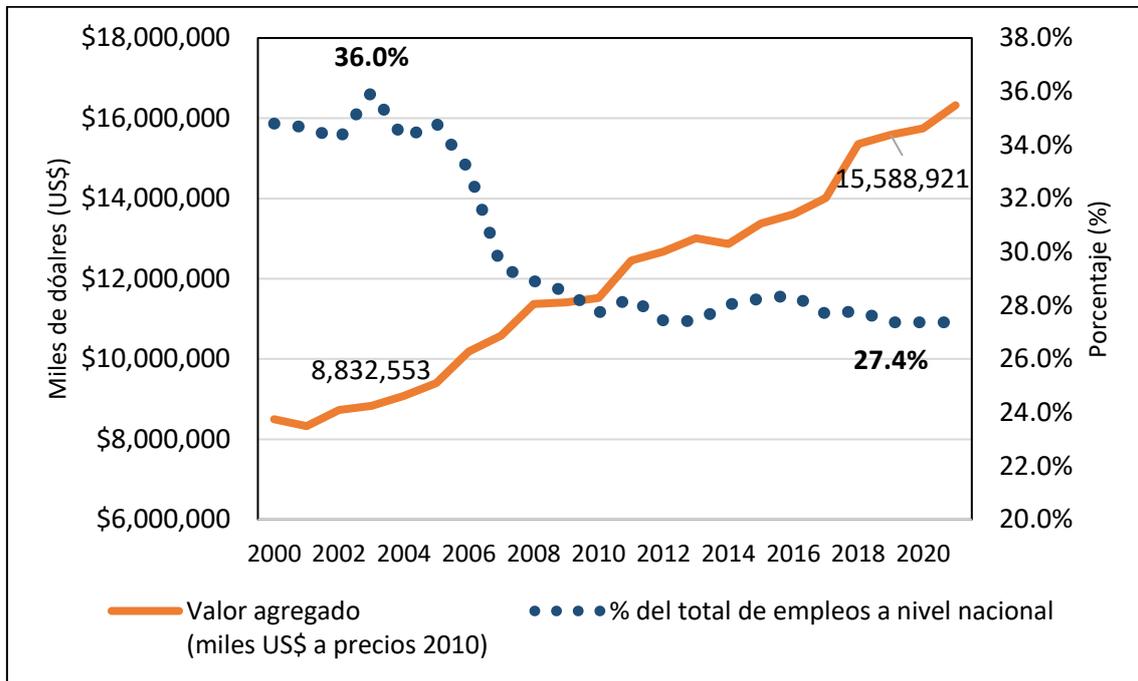


Nota: El gráfico representa el valor agregado de la producción del sector agrícola y su aporte porcentual al PIB peruano para el periodo 2020 – 2021. Elaborado con datos del BANCO MUNDIAL (2022).

Este sector productivo de naturaleza renovable ha representado, en promedio, el 30 % del total de empleos nacionales durante los últimos 20 años. Tanto la gran carga histórica del país como la idiosincrasia de sus pobladores, han hecho que las actividades agrícolas tengan siempre un gran porcentaje de la población abocado laboralmente a este sector, independiente de la rentabilidad obtenida por parte del empleado o del nivel de formalidad laboral ofrecida por el empleador (ver Figura 2).

Figura 2

Valor agregado de la producción del sector agrícola y su aporte a la generación de empleo

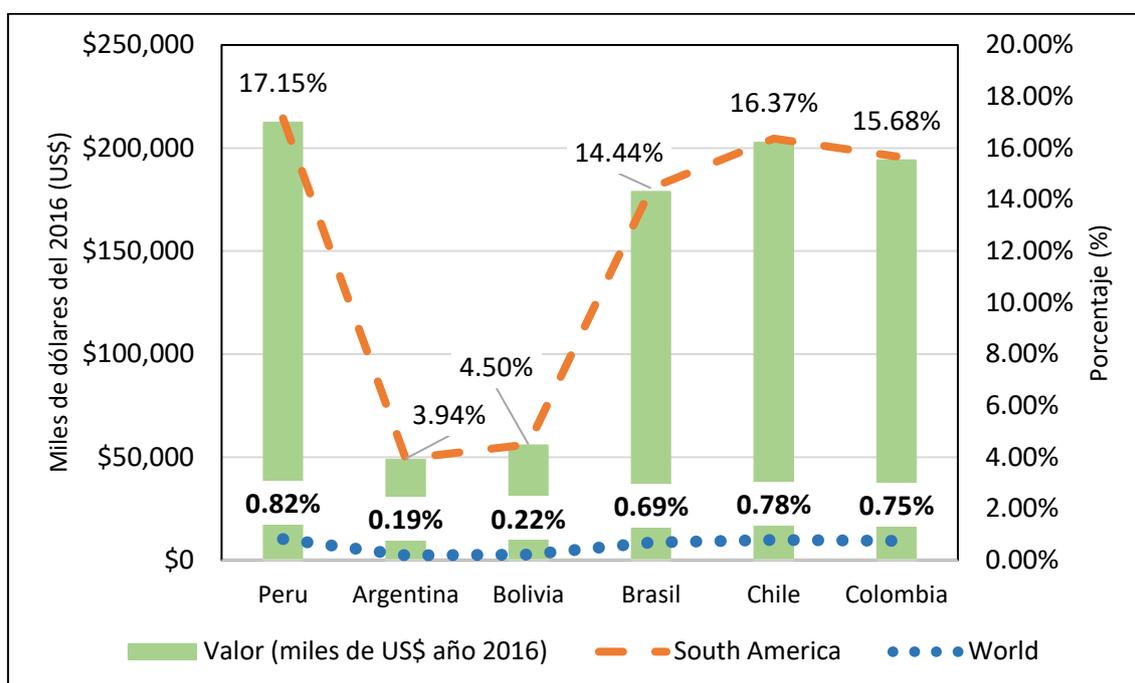


Nota: El gráfico representa el valor agregado de la producción del sector agrícola y su aporte a la generación de empleo. Elaborado con datos del BANCO MUNDIAL (2022).

En cuanto a la realidad del sector cítrico a nivel regional, el Perú es uno de los principales productores de mandarina a nivel sudamericano. El valor bruto de la producción de mandarina a nivel nacional para el año 2021 abarca el 17.15 % del valor bruto de la producción total en Sudamérica, y el 0.82 % del valor bruto de la producción mundial (FAO, 2022) (ver Figura 3).

Figura 3

Valor bruto de la producción de mandarina para el año 2022 en países de la región y su porcentaje de aporte relativo al VBP sudamericano y mundial.

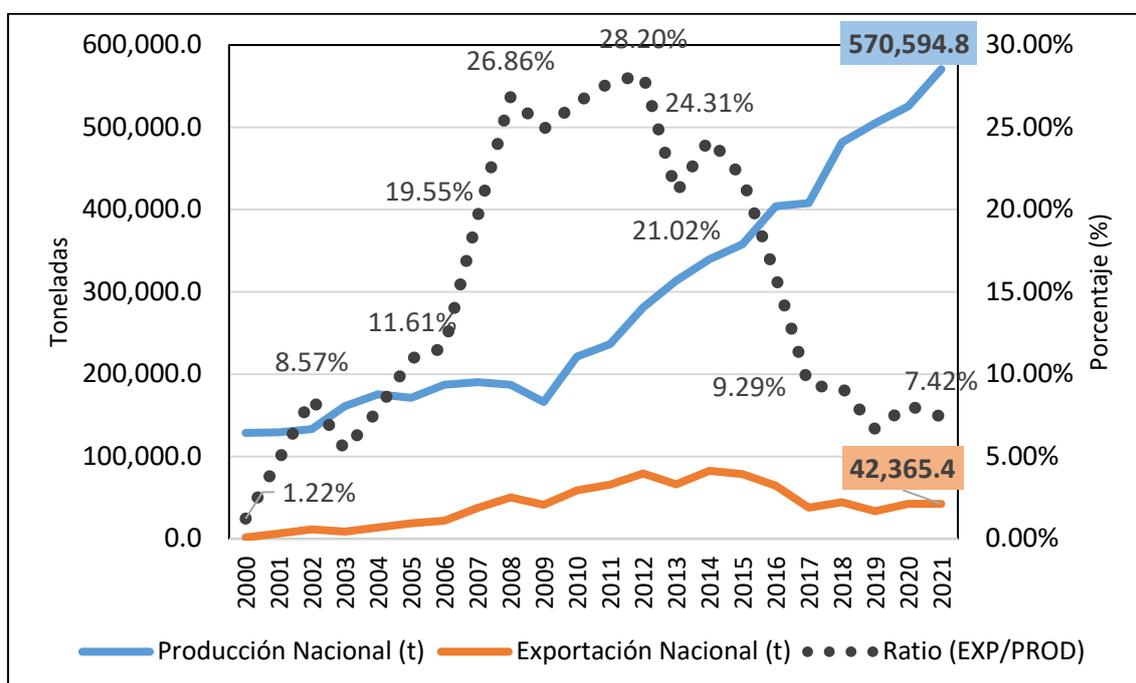


Nota: El gráfico representa el valor bruto de la producción de mandarina para el año 2022 en países de la región y su porcentaje de aporte relativo al VBP sudamericano y mundial. Elaborado con datos de FAOSTAT (2022).

El MIDAGRI en su boletín informativo emitido por la Dirección General de Competitividad Agraria – DGCA (s.f.) indica que un volumen considerable de la producción nacional de cítricos se destina al comercio exterior. Esto debido, entre otras cosas, a que el Perú es un país en el que se cosecha durante varios meses al año, lo cual favorece a la constante disponibilidad del recurso y, por ende, a su venta en el exterior. Esta información es respaldada por la Asociación de Exportadores del Perú (ADEX) quien muestra la evolución de la exportación de la mandarina durante los últimos 20 años (ver Figura 4).

Figura 4

Producción total de mandarina a nivel nacional y cantidad exportada para el periodo 2000 – 2021



Nota: El gráfico representa el producción total de mandarina a nivel nacional y cantidad exportada para el periodo 2000 – 2021. Elaborado con datos del ADEX DATA TRADE (2022).

Algunas de las características que pueden hacer del mercado de cítricos peruano un ambiente favorecedor hacia la inversión extranjera se encuentran entre las ventajas comparativas que dicho sector posee en términos de producción, como por ejemplo el buen rendimiento que existe en las tierras, las condiciones naturales favorables para el cultivo (clima, latitudes, volumen pluvial, entre otras), y la existencia de acuerdos comerciales que facilitan el acceso a nuestro mercado y a la vez al comercio internacional (MIDAGRI – DGCA, s.f.).

Para el caso puntual de la demanda nacional de mandarina, el MIDAGRI desde su Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos (OEEE) publicó el año 2014 una infografía en la que hace un análisis del comportamiento de la demanda interna de mandarina en el Perú. En esta se observa que desde el año 2000 al 2013 el consumo nacional de este fruto se elevó notablemente casi incluso llegando a duplicarse de 127 a 261 miles de toneladas de consumo anual, mientras que su precio al por mayor se mantuvo relativamente estable (entre 1.06 y 1.70 soles por kilo) mostrando un aumento del 60 % en dicho periodo de tiempo, lo cual indica un coeficiente de elasticidad precio que tiende a la inelasticidad ($E_p = 0.6038$) (ver Tabla 1).

Tabla 1*Demanda interna aparente (DIA) de mandarina y nivel de precios*

| Año | DIA total (Miles de t)* | DIA per cápita (Kg) | Precio al por mayor** | Precio al consumidor*** |
|------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 2000 | 125.4 | 4.71 | 1.21 | 3.76 |
| 2001 | 116.8 | 4.32 | 1.17 | 3.64 |
| 2002 | 110.6 | 4.05 | 1.15 | 3.57 |
| 2003 | 140.3 | 5.08 | 1.08 | 3.36 |
| 2004 | 142.3 | 5.10 | 1.06 | 3.29 |
| 2005 | 123.3 | 4.38 | 1.09 | 3.39 |
| 2006 | 132.3 | 4.66 | 1.11 | 3.45 |
| 2007 | 131.8 | 4.61 | 1.15 | 3.08 |
| 2008 | 106.7 | 3.70 | 1.19 | 3.82 |
| 2009 | 101.7 | 3.50 | 1.41 | 3.97 |
| 2010 | 126.4 | 4.32 | 1.42 | 3.64 |
| 2011 | 127.5 | 4.32 | 1.6 | 4.82 |
| 2012 | 150.7 | 5.07 | 1.57 | 4.32 |
| 2013 | 195.0 | 6.49 | 1.63 | 4.72 |
| 2014 | 195.5 | 6.44 | 1.71 | 4.95 |
| 2015 | 216.6 | 7.05 | 1.68 | 4.86 |
| 2016 | 249.6 | 8.02 | 1.81 | 5.24 |
| 2017 | 296.1 | 9.37 | 1.72 | 4.98 |
| 2018 | 310.6 | 9.65 | 1.52 | 4.40 |
| 2019 | 343.4 | 10.46 | 1.57 | 4.55 |
| 2020 | 358.5 | 10.76 | 1.67 | 4.84 |
| 2021 | 384.6 | 11.41 | 1.49 | 4.31 |
| 2022 | 418.8 | 12.54 | 1.53 | 4.43 |

* Demanda Interna Aparente (DIA) total: Consumo interno total – Exportaciones + Importaciones.

** Precios del Mercado Mayorista de Lima (MML) periodo 2000-2022 en soles.

*** Precios al consumidor – Datos proyectados para el periodo 2018-2022 en soles.

Nota: Esta tabla muestra la demanda interna aparente (DIA) de mandarina y nivel de precios (al por mayor – al consumidor directo). Elaborado con datos de la Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos (OEEE) MIDAGRI y del Mercado Mayorista de Lima (MML) al 2018.

Teniendo esto en consideración, la OEEE – MIDAGRI postula que las posibles fluctuaciones u oscilaciones presentes en el consumo interno de mandarina no vendrían a causa de variaciones en el precio, sino más bien de variaciones en la calidad del fruto.

2.3.2. El comercio de mandarina: mercado interno y exportaciones

La mandarina es un cítrico producido mayoritariamente en las regiones centrales de la costa peruana: Lima e Ica, y es un fruto valorado a nivel internacional por su agradable pulpa y penetrante aroma dulce. Para el año 2022, la región Lima ocupó el primer puesto en porcentaje de participación de la producción total de mandarina (317,635 toneladas; 49.7 % de participación), seguida de la región Ica (217,969 toneladas; 34.1 % de

participación) y por la región Junín (60,364 toneladas; 9.5 % de participación) (MIDAGRI, 2022).

Ya en menor proporción, tenemos a la región Arequipa con 10,421 toneladas producidas, la región La Libertad con 9,534 toneladas respectivamente, la región Puno con 7,881 toneladas y finalmente por la región Ucayali, con 7,385 toneladas producidas. Ninguna de las mencionadas excede el 2 % de participación. Se presentan otras regiones tales como Loreto, Cusco, Huánuco, Madre de Dios, Ayacucho, San Martín, Pasco, Tumbes o Moquegua que sumando todo su volumen producido no logran superar el 2 % de participación, motivo por el cual se les considera en el conglomerado “otros” (SIEA – MIDAGRI, 2022) (ver Tabla 2).

Tabla 2

Producción nacional total de mandarina y porcentaje de participación regional

| REGIÓN | Producción (t) | % Participación |
|---|-----------------------|------------------------|
| LIMA | 317,635 | 49.7% |
| ICA | 217,969 | 34.1% |
| JUNIN | 60,364 | 9.5% |
| AREQUIPA | 10,421 | 1.6% |
| LA LIBERTAD | 9,534 | 1.5% |
| PUNO | 7,881 | 1.2% |
| UCAYALI | 7,385 | 1.2% |
| OTROS (Loreto, Cusco, Huánuco, Madre de Dios, Ayacucho, San Martín, Pasco, Tumbes, Moquegua) | 7,748 | 1.2% |
| TOTAL PRODUCCIÓN | 638,936 | 100% |

Nota: Esta tabla muestra la producción nacional total de mandarina (en toneladas) por región y porcentaje de participación regional en la producción total – año 2022. Elaborado con data del MIDAGRI, 2022.

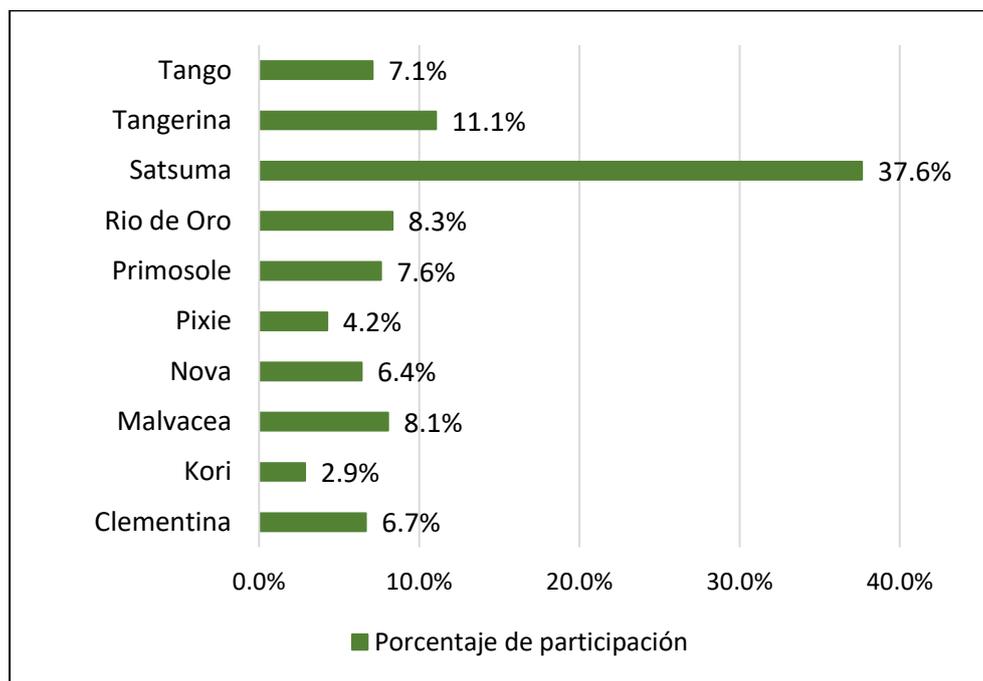
En cuanto a las variedades de mandarina comercializadas en el mercado interno, la mandarina Satsuma encabeza el comercio histórico de los últimos cinco años siendo la variedad más comercializada en el mercado interno, seguida de las variedades Tangerina, Nova, Malvácea, Río de Oro y Clementina (ver Tabla 3).

Tabla 3*Comercialización de mandarina en el mercado interno por variedad del cítrico*

| Fecha | Mandarina Clementina | Mandarina Kori | Mandarina Malvacea | Mandarina Nova | Mandarina Pixie | Mandarina Primosole | Mandarina Rio De Oro | Mandarina Satsuma | Mandarina Tangerina | Mandarina Tango |
|--------------|----------------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|---------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-----------------|
| 2018 | 2,685 | 1,538 | 10,903 | 3,223 | 0 | 0 | 5,915 | 25,706 | 8,162 | 0 |
| 2019 | 4,023 | 1,415 | 1,447 | 9,131 | 3,295 | 926 | 4,950 | 26,399 | 8,146 | 0 |
| 2020 | 4,596 | 1,344 | 1,432 | 8,884 | 3,099 | 1,087 | 849 | 4,428 | 24,424 | 7,010 |
| 2021 | 3,672 | 1,062 | 5,494 | 3,613 | 2,327 | 4,438 | 4,094 | 22,011 | 6,958 | 3,155 |
| 2022 | 3,734 | 1,610 | 4,509 | 3,582 | 2,377 | 4,258 | 4,660 | 21,059 | 6,185 | 3,970 |
| Total | 18,710 | 6,968 | 23,784 | 28,433 | 11,098 | 10,710 | 20,468 | 99,603 | 53,874 | 14,135 |

Nota: Esta tabla muestra la comercialización de mandarina en el mercado interno por variedad del cítrico, para el periodo 2018 – 2022 (en toneladas). Elaborado con data del SISAP – MIDAGRI (2022).

En cuanto al porcentaje de participación en el mercado interno por variedad para el año 2022, el tipo de mandarina Satsuma abarcó un 37.6 % del comercio total de mandarina a nivel nacional, seguida lejanamente de la variedad Tangerina (11.1 %), Rio de Oro (8.3 %) y Malvácea (8.1 %) (ver Figura 5).

Figura 5*Porcentaje de participación en el mercado interno de mandarina (año 2022)*

Nota: Este gráfico muestra el porcentaje de participación en el mercado interno de mandarina, por variedad del cítrico para el año 2022. Elaborado con datos del SISAP – MIDAGRI (2022).

La producción de este cítrico se concentra fundamentalmente en las provincias limeñas de Huaral (61.30 %), Cañete (20.20 %) y Huaura (13.70 %) (SIEA 2022) donde se registran 1,856 Unidades Agrícolas registradas en el último censo agrícola (CENAGRO

2012). A continuación, se puede observar la distribución de Unidades Agrícolas (U.A.) y su contribución a la producción de mandarina en Lima Región (ver Tabla 4).

Tabla 4

Unidades agropecuarias (UA) de la región Lima dedicadas al cultivo de mandarina

| Región: LIMA | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------|---------|
| Unidades agropecuarias dedicadas al cultivo de mandarina: | | | 1856 | Tamaño | |
| Provincia | Distrito | Porcentaje de participación | Unidades agrícolas (equivalente) | Grande | Pequeña |
| Huaral 61.30% | Huaral | 67.60% | 769 | 133 | 636 |
| | Aucallama | 27.10% | 308 | 53 | 255 |
| | Chancay | 5.30% | 60 | 10 | 50 |
| Cañete 20.20% | San Vicente de Cañete | 28.50% | 107 | 19 | 88 |
| | Imperial | 28.80% | 108 | 19 | 89 |
| | San Luis | 16.80% | 63 | 11 | 52 |
| | Quilmana | 14.40% | 54 | 9 | 45 |
| | Nuevo Imperial | 9.30% | 35 | 6 | 29 |
| | Lunahuana | 0.60% | 2 | 1 | 1 |
| | Santa Cruz de Flores | 0.40% | 1 | 0 | 1 |
| Huaura 13.70% | Chilca | 1.20% | 4 | 0 | 4 |
| | Sayán | 85.30% | 217 | 37 | 180 |
| | Vegueta | 4.10% | 10 | 1 | 9 |
| | Santa María | 4.30% | 11 | 1 | 10 |
| | Huaura | 3.60% | 9 | 1 | 8 |
| Lima 4.40% | Huacho | 2.70% | 7 | 1 | 6 |
| | Lurín | 16.30% | 13 | 2 | 11 |
| | Punta Negra | 40.10% | 33 | 8 | 25 |
| | Punta Hermosa | 39.50% | 32 | 0 | 32 |
| | La Molina | 2.10% | 2 | 0 | 2 |
| | Pachacamac | 2.00% | 2 | 0 | 2 |
| Barranca 0.40% | Supé | 91.60% | 7 | 0 | 7 |
| | Barranca | 1.10% | 0 | 0 | 0 |
| | Pativilca | 3.70% | 1 | 0 | 1 |
| | Paramonga | 3.60% | 1 | 0 | 1 |
| | | | 1856 | | |

Nota: Esta tabla muestra el número de unidades agropecuarias (UA) de la región Lima dedicadas al cultivo perenne de mandarina para la región Lima 2022 Elaborado con data del Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA 2022) y del Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO 2012) – Calendario de cosechas de mandarina periodo referencial 2014-2019.

Como se observa, existe clara preponderancia en los distritos de Huaral y Cañete, que juntos acumulan el 81.50% del total de la producción de mandarina, según el último CENAGRO (2012) y la información del SIEA – MIDAGRI (2022).

En la Tabla 4 se puede observar la cantidad de Unidades Agropecuarias (U.A.) dedicadas al cultivo perenne de mandarina, así como también el tamaño de las mismas en torno al

volumen producido: entiéndase como Unidad Agropecuaria mediana – grande a aquella que dedica diez o más hectáreas a la producción de este fruto. Las cifras tabuladas muestran que en las provincias limeñas de Huaral, Cañete y Huaura existe predominancia de las Unidades Agropecuarias pequeñas, es decir, que dedican menos de diez hectáreas a la producción perenne de mandarina.

Por otro lado, la realidad en la provincia iqueña de Chincha es distinta, puesto que la producción se concentra en Unidades Agropecuarias grandes, tales como fundos o sembríos de gran extensión en términos de tierras de cultivo y superficie cosechada (ver Tabla 5).

Tabla 5

Unidades agropecuarias (UA) de la región Ica dedicadas al cultivo de mandarina

| Región: ICA | | | | | |
|--|---|------------------------------------|---|---------------|----------------|
| Unidades agropecuarias dedicadas al cultivo de mandarina: | | | 65 | Tamaño | |
| Provincia | Distrito | Porcentaje de participación | Unidades agrícolas (equivalente) | Grande | Pequeña |
| Chincha 80.00% | El Carmen | 41.20% | 22 | 18 | 4 |
| | Alto Laran | 31.60% | 16 | 13 | 3 |
| | Chincha Baja | 24.10% | 13 | 11 | 2 |
| | Sunampe | 2.80% | 1 | 1 | 0 |
| | Grocio Prado | 0.30% | 0 | 0 | 0 |
| | Salas | 63.50% | 5 | 4 | 1 |
| | Pachacutec | 18.70% | 1 | 1 | 0 |
| | Ica | 14.90% | 1 | 1 | 0 |
| | Pueblo Nuevo | 1.80% | 0 | 0 | 0 |
| | San José de los Molinos | 1.00% | 0 | 0 | 0 |
| Ica 11.10% | Otros (Santiago, Ocucaje, Los Aquijes, Subtanjalla) | 0.10% | 0 | 0 | 0 |
| | Nasca | 99.30% | 3 | 3 | 0 |
| | 3.30% | Vista Alegre | 0.60% | 0 | 0 |
| Pisco 2.20% | El Ingenio | 0.10% | 0 | 0 | 0 |
| | Paracas | 74.80% | 1 | 0 | 0 |
| Palpa 3.40% | Humay | 25.20% | 0 | 0 | 0 |
| | Palpa | 99.70% | 2 | 0 | 0 |
| | Santa Cruz | 0.30% | 0 | 0 | 0 |
| | | | 65 | | |

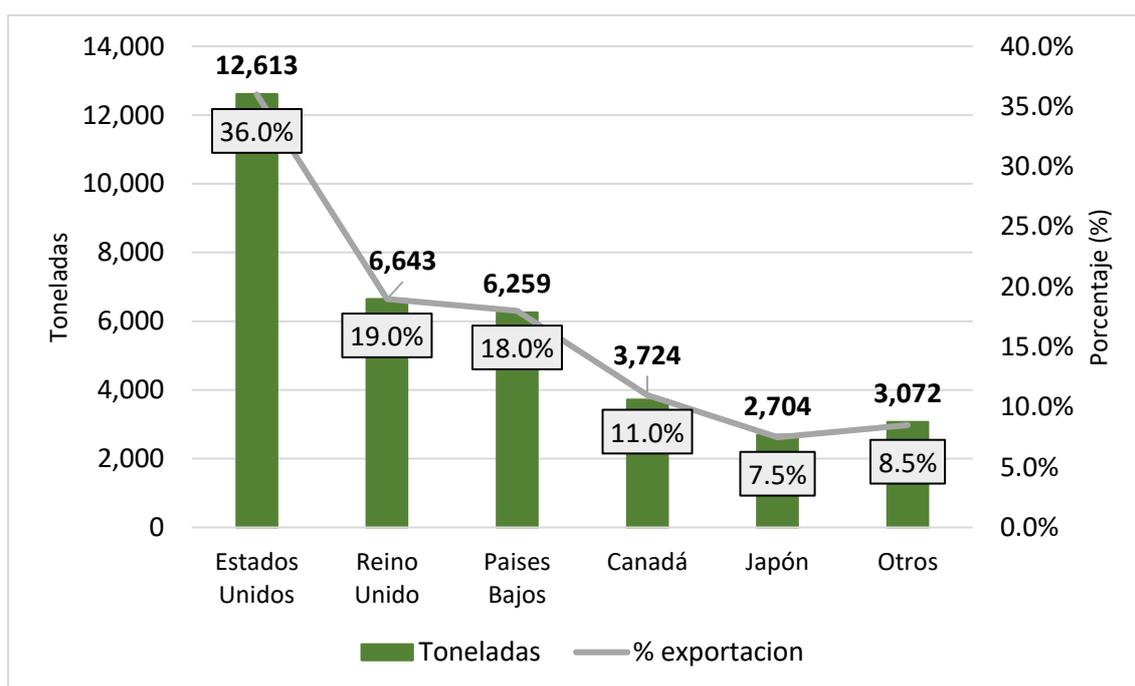
Nota: Esta tabla muestra el número de unidades agropecuarias (UA) de la región Ica dedicadas al cultivo de mandarina. Elaborado con data del Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA 2022) y del Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO 2012) – Calendario de cosechas de mandarina periodo referencial 2014-2019.

Si bien el consumo interno de mandarina representa entre el 86 y 88 por ciento de la producción total nacional (Asociación de Productores de Cítricos del Perú – PROCITRUS, 2019), el mercado externo se ha vuelto cada vez más atractivo para el productor nacional. El Perú representa casi el 1 % de las ventas mundiales de cítricos (MIDAGRI, 2021) y al ritmo de crecimiento que experimenta, junto con las condiciones y ventajas comparativas del territorio, el MIDAGRI (2021) estima que nuestro país puede convertirse en uno de los líderes mundiales de exportación de cítricos gracias a la demanda incremental a nivel mundial y a la calidad sostenida de los productos ofrecidos, lo cual a su vez ha permitido un aumento significativo de los precios referenciales.

Entre los principales países importadores de este cítrico para el año 2022 se encuentran Estados Unidos (36 %), Reino Unido (19 %), Países Bajos (18 %), Canadá (11 %) y Japón (7.5 %) (ADEX, 2022) (ver Figura 6).

Figura 6

Producción de mandarina para la exportación y países de destino para el año 2022



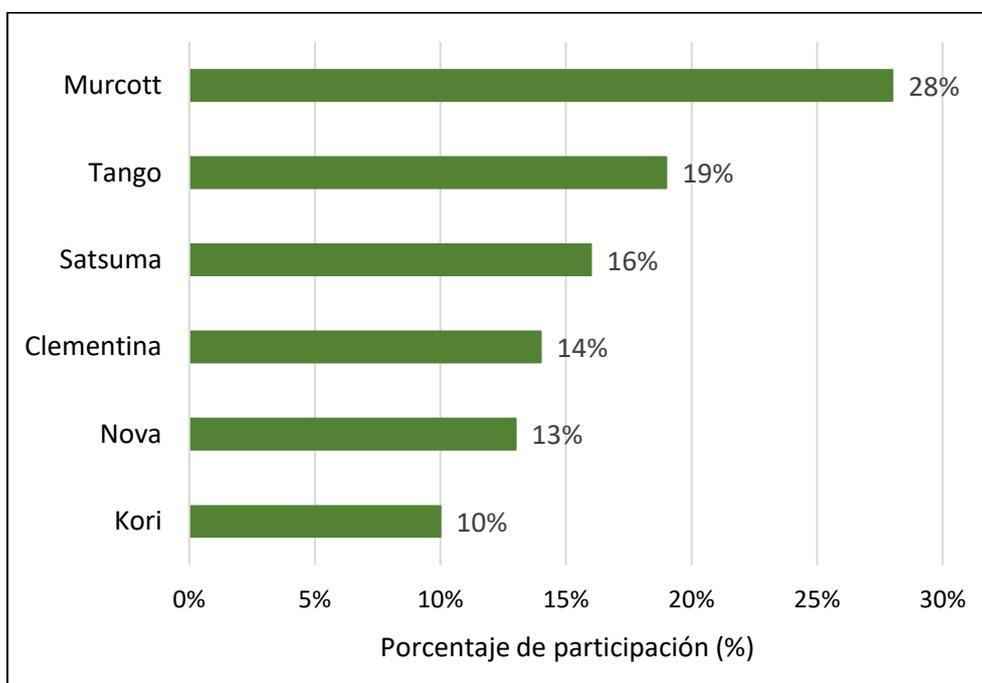
Nota: Este gráfico muestra la producción de mandarina destinada a la exportación y principales países de destino (participación en porcentajes) para el año 2022. Elaborado con datos del ADEX DATA TRADE (2022).

El Diario Gestión (05 de octubre del 2018) indica que el volumen de envíos de mandarina a mercados internacionales ascendió a 146,225 toneladas representando un ingreso de US\$ 191 millones de dólares en valor FOB durante el año 2018. De igual forma, las expectativas subían para el año 2019 en donde se estimaba superar los US\$ 200 millones

en exportaciones del cítrico peruano (Asociación de Productores de Cítricos del Perú – PROCITRUS, 2019). Sin embargo, un gran golpe se sufrió con el ingreso de la COVID 19, pandemia mundial que paralizó la actividad comercial e infringió gran daño al sector agrícola, que en el año 2022 registró únicamente US\$ 33 millones en exportaciones FOB de mandarina (ADEX, 2023). En torno a las variedades priorizadas para el comercio exterior, para el año 2022 la mandarina Murcott es la más comercializada al mercado exterior (28 %), seguida de la variedad Tango (19 %) y la Satsuma (16 %) que ocupan los tres primeros lugares en el ranking de exportaciones (ver Figura 7).

Figura 7

Porcentaje de participación en el mercado externo de mandarina para el año 2022



Nota: Este gráfico muestra el porcentaje de participación en el mercado externo de mandarina, por variedad del cítrico para el año 2022. Elaborado con datos del ADEX DATA TRADE (2022).

Se puede concluir que la mandarina posee gran valor comercial para el Perú, y registraba hasta antes de la pandemia de la COVID 19 un futuro muy prometedor en torno a las expectativas de progreso y mejora. Para el año 2023, el sector se encuentra golpeado y en una lenta recuperación que poco a poco conlleva mejoras para los productores y empresas exportadoras. Dicho esto, resulta prioritario proteger la calidad del cítrico sobre todo en su condición de fruto dulce y de consumo directo, no gastronómico, lo cual le diferencia mucho del limón o la naranja. El potencial ingreso del HLB perjudicaría de manera directa la venta y comercialización de la mandarina, ya que afectaría su calidad y podría acarrear peores condiciones al comercio del cítrico.

III. METODOLOGÍA

1.1. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.1.1. Hipótesis general

Se plantea que ante un posible ingreso del Huanglongbing (HLB) al Perú, las pérdidas económicas presentadas en toda la cadena productiva de mandarina en la Costa Central del país hasta el año 2040 superarán a los costos de implementación de un Programa Nacional Fitosanitario (PNF) que favorezca la prevención, el control y monitoreo de la enfermedad, con lo cual se sustentaría económicamente la implementación de una política pública.

1.1.2. Hipótesis específicas

1. La cadena productiva de mandarina en la Costa Central del Perú presentaría grandes dificultades operacionales ocasionadas por la poca asociatividad entre productores, la escasa organización, los bajos ratios de formalidad y el poco nivel de inversión; lo cual acarrea grandes riesgos de pérdidas por el HLB, sobre todo en productores de menor tamaño que no podrán afrontar los costos de gestión de la enfermedad sin alianzas o financiamiento gubernamental.
2. Los escenarios prospectivos al 2040 mostrarían diferentes niveles de pérdidas económicas tras el potencial ingreso del HLB en la Costa Central del Perú, que se ajustan a la implementación o no implementación de un Programa Nacional Fitosanitario, siendo el escenario epidemiológico (sin PNF) el que mostraría pérdidas superiores al 50 % de la producción a comparación del escenario controlado (con PNF) que reflejaría pérdidas en la producción menores al 10 %.
3. El análisis Beneficio – Costo demostraría la factibilidad en términos económicos y sociales (indicador de la tasa social de descuento) de la implementación de un Programa Nacional Fitosanitario (PNF), con lo cual se sustentaría la intervención de la política pública para disminuir las pérdidas potenciales y efectos nocivos en la cadena productiva de mandarina en la Costa Central del Perú.

1.2. ZONA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en los departamentos geográficamente ubicados en la Costa Central del Perú: Lima e Ica, concretamente en las provincias de Huaral (Lima Norte), Cañete (Lima Sur) y Chincha (Ica).

El Departamento de Lima comprende diez provincias, nueve catalogadas dentro del grupo “Lima provincias” y una décima con gobierno autónomo de régimen especial, llamada Provincia de Lima o Lima Metropolitana. El Departamento de Lima se encuentra bajo la jurisdicción del Gobierno Regional de Lima con sede en la ciudad de Huacho. Cuenta con 171 distritos y posee una superficie de 34,801.59 km² que representa el 2.7 por ciento del territorio nacional. La población de este departamento asciende a 11,159,774 habitantes, de las cuales únicamente el 8.8 por ciento reside en Lima provincias (Censo de Población y Vivienda, 2017).

El Departamento de Ica está conformado por cinco provincias y 44 distritos, posee una superficie total de 21,327 km² que representa el 1.6 por ciento del territorio nacional. La población asciende a 1,030,101 habitantes (Censo de Población y Vivienda, 2017).

Geográficamente ambos territorios comparten características similares y a la vez diferencias marcadas. Lima posee una geografía más andina, quizá la más andina de la costa, con violentos desniveles entre sus playas y más altas cumbres. Este departamento cuenta con seis valles y con una gran riqueza mineral en su zona andina. El clima es subtropical, húmedo y desértico, pero resaltan la gran variedad de microclimas ubicados en distintas locaciones de la región (SENAMHI 2022). En cuanto a Ica, puede ser clasificado como un departamento eminentemente costero. Posee un clima cálido desértico y de tipo subtropical seco, a diferencia de Lima en la que se detecta mayor humedad. En la zona se puede reconocer la presencia solar durante el día, inclusive en épocas invernales, así como también el azote de vientos paracas muy fuertes que son altamente comunes en meses de verano y primavera (SENAMHI, 2022).

Ambos departamentos dedican casi el ocho por ciento de su extensión total a la actividad agrícola, siendo Lima e Ica unas de las principales regiones en aportar al PIB agrícola nacional (BRCP 2022) con más de 50 productos exportados a distintas partes del mundo, entre los cuales podemos encontrar al espárrago, la uva de mesa, mandarina, tangelo, cebolla, páprika, entre otros productos agrícolas (ADEX, 2022) (ver Tabla 6).

Tabla 6*Superficie agrícola de Lima e Ica (2020) y participación en el PIB agrícola nacional*

| Departamento | Superficie agrícola (Has) | Superficie territorial (Has) | Porcentaje de superficie agrícola departamental | Porcentaje de superficie agrícola nacional* | Aporte al PIB agrícola nacional |
|--------------|---------------------------|------------------------------|---|---|---------------------------------|
| Lima | 262 931 | 3 501 325 | 7.51 % | 2.26 % | 6.49 % |
| Ica | 167 179 | 2 108 077 | 7.93 % | 1.44 % | 3.78 % |

* Superficie total del territorio nacional: 1,285,215 km² (INEI 2013).

Nota: Esta tabla muestra la superficie agrícola de Lima e Ica año 2020 y porcentaje de participación en el PIB agrícola nacional. Elaborado con data del Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente (INEA 2020) y el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP 2022).

Ambas zonas de estudio abarcan, junto al departamento de Junín, los principales focos geográficos de producción de mandarina en el territorio nacional (BCRP 2022).

1.3. FUENTE DE INFORMACIÓN

1.3.1. Información primaria

El proceso de obtención y levantamiento de información de origen primaria se realizó mediante trabajo de campo en el Departamento de Lima, en las provincias de Huaral y Cañete, el cual consistió en la aplicación de encuestas a productores de mandarina en las zonas señaladas y/o entrevistas a los mismos para el otorgamiento de información relacionada a los costos e inversiones para la instalación y mantenimiento de cultivos del cítrico trabajado. Es importante resaltar que el estudio incluye a las unidades agropecuarias productoras de mandarina ubicadas en la provincia iqueña de Chincha.

En total se aplicaron 342 encuestas a productores, las cuales comprendían temas relacionados a la actividad agrícola en general: estructura agraria, producción y variedades, características de la unidad agropecuaria, logística aplicada, destino del producto, comercialización, entre otros. De igual forma, se aplicaron nueve encuestas de costos a algunos productores seleccionados para conocer así, a mayor detalle, la estructura financiera de los negocios emprendidos y el nivel de apalancamiento que poseían con instituciones financieras o programas de apoyo estatal a la actividad agropecuaria. Todas estas encuestas fueron aplicadas entre los meses de julio y diciembre del año 2022.

1.3.2. Información secundaria

La información secundaria utilizada proviene de instituciones públicas, asociaciones, empresas y/o investigaciones de acceso público. Se consultaron portales del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), el Banco Central de Reserva del Perú

(BCRP), el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el IV Censo Nacional Agrario (CENAGRO), la Asociación de Exportadores del Perú (ADEX), entre otras.

1.4. VARIABLES DE ANÁLISIS

La investigación utilizó las siguientes variables de análisis:

1.4.1. Primer objetivo

Cadena productiva: Producción de mandarina en Lima e Ica, superficie cosechada, rendimientos por hectárea, cantidad de mandarina destinada al mercado regional, nacional y exportada.

Actores: Productores, supervisores, jornaleros, acopiadores, conductores, empresas, ayudantes, comercializadores regionales.

Factores de riesgo: Procedencia de los plántones instalados, edad de la plantación, desconocimiento del HLB y sus síntomas, características o difusión, distancia entre centro poblado y la unidad agropecuaria, distancia con la carretera principal, número de veces en que se realiza el control de plagas en el fundo o unidad, dinámicas de movimiento de la fruta cosechada, procesos emprendidos para la cosecha, acopio y venta, disposición para eliminar un árbol contaminado.

1.4.2. Segundo objetivo

Producción y escenarios: Rendimientos con HLB, proporción de plantas infectadas, tasa de incidencia según edad de la plantación, tasa de severidad, proporción del área de la copa del árbol con HLB en el año cero.

1.4.3. Tercer objetivo

Beneficios: Valor de la producción, pérdida de nivel productivo, reducción de jornales, proyección de pérdidas evitadas, costo social.

Costos: Gobierno, Procitrus² y productores. Provisores de insumos: viveros y otros. Productores primarios. Acopiadores: acopiador y transportista. Transformadores: procesadores, acopiadores, empacadores y mermas. Transportadores: transportistas,

² Procitrus es una asociación civil sin fines de lucro, conformada por personas naturales y jurídicas productoras de cítricos del Perú. Conforman el 85% de las exportaciones de cítricos del país, lo cual explica su interés en la prevención del HLB en el mercado peruano.

estibador y desestibador. Comercio: exportadores, mayoristas de Lima y Mercado regional. Consumo: consumidor interno, consumido externo y consumidor regional. Implementación del PNF.

1.5. MÉTODOS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1.5.1. Población y muestra

La población está conformada por los productores de mandarina de las provincias de Huaral, Cañete y Chincha, en el Departamento de Lima e Ica, respectivamente.

1.5.1.1. Unidades agropecuarias

La población se constituye por las unidades agropecuarias productoras de mandarina ubicadas en las provincias de Huaral, Cañete (Lima) y Chincha (Ica) (ver Tabla 7).

Tabla 7

Número de unidades agropecuarias (UA) a nivel provincial

| Departamento | Provincia | Tamaño de UA | Número de UA |
|--------------|-----------|--------------|--------------|
| Lima | Huaral | Grande | 50 |
| | | Mediana | 146 |
| | | Pequeña | 313 |
| | | Minifundio | 628 |
| | Cañete | Grande | 9 |
| | | Mediana | 56 |
| | | Pequeña | 251 |
| | | Minifundio | 58 |
| | | Grande | 35 |
| Ica | Chincha | Mediana | 10 |
| | | Pequeña | 7 |
| | | Minifundio | 2 |
| Total | | | 1565 |

Nota: Esta tabla muestra el número de unidades agropecuarias (UA) a nivel provincial. Elaborado con data del CENAGRO (2012).

El tamaño de la muestra fue calculado con el método estratificado cuya fórmula se muestra a continuación:

$$n = \frac{\sum_{h=1}^L W_h p_h q_h}{\frac{e^2}{Z_{(1-\alpha/2)}^2} + \frac{1}{N} \sum_{h=1}^L W_h p_h q_h}$$

Donde,

N: Tamaño de la población

n: Tamaño de muestra

Wh: peso del estrato en la población

Z: Cuantil de la distribución normal obtenido según el nivel de confianza deseado

e: Error muestral deseado

ph: proporción de éxitos de la categoría de interés en el estrato h

qh: Complemento de la proporción de éxitos en el estrato h

Tras el desarrollo de la metodología estadística se obtuvo una muestra de 342 unidades agropecuarias, a un nivel de confianza del 95 % y un error muestral del 5 %. El número de encuestas obtenidas se prorrateó a nivel distrital según el grado de participación porcentual en la producción provincial de mandarina (SIEA 2022). La información a nivel distrital se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8

Número de encuestas a nivel distrital para provincias de Lima e Ica

| Provincia | Distrito | Producción TM | Participación producción | Número de encuestas |
|-----------|----------------------|---------------|--------------------------|---------------------|
| Huaral | Huaral | 93,360 | 67.6 % | 168 |
| | Aucallama | 52,777 | 27.1 % | 68 |
| | Chancay | 4,555 | 5.3 % | 13 |
| | San Vicente | 14,664 | 28.5 % | 24 |
| | Imperial | 13,820 | 28.7 % | 24 |
| | San Luis | 12,469 | 16.8 % | 13 |
| Cañete | Quilmana | 9,484 | 14.4 % | 12 |
| | Nuevo Imperial | 6,542 | 9.3 % | 8 |
| | Lunahuana | 443 | 0.6 % | 0 |
| | Santa Cruz de Flores | 245 | 0.4 % | 0 |
| | Chilca | 581 | 1.2 % | 1 |
| | El Carmen | 66,405 | 46.6 % | 5 |
| Chincha | Alto Laran | 41,811 | 29.2 % | 4 |
| | Chincha Baja | 31,225 | 22.0 % | 2 |
| | Sunampe | 1,980 | 1.7 % | 0 |
| | Chincha Alta | 555 | 0.3 % | 0 |
| | Grocio Prado | 308 | 0.3 % | 0 |
| | Total | | 351,575 | 100 % |

Nota: Esta tabla muestra el número de encuestas a nivel distrital para las provincias de Lima e Ica incluidas en la presente investigación. Elaborado con data del CENAGRO (2012).

El resultado del muestreo estratificado brindó los siguientes requerimientos finales para el levantamiento de información: 249 encuestas en Huaral, 82 encuestas requeridas en Cañete y únicamente 11 en Chincha. El número reducido de encuestas requerido en la provincia de Chincha dificultaba mucho las actividades de levantamiento de información, dado el considerable aumento de costos que implicaba la movilización en toda la provincia para la recaudación de dicha información menor. Además, debido al tamaño de las unidades agropecuarias mapeadas (todas grandes empresas del sector agroexportador),

resultaba muy complicado acordar una reunión para entrevistar a los productores que manejaran la información requerida. Por esta situación y otras dificultades adicionales registradas en el proceso de encuestado, se optó por levantar la información requerida en Chincha (11 encuestas) en la provincia de Cañete, en fundos grandes y en su mayoría exportadores del cítrico, que se asemejaran en volumen, procesos y costos a las unidades agropecuarias previstas en Chincha. Con esto, las 11 encuestas fueron recopiladas en Cañete completando así el requerimiento muestral de manera exitosa. En la Tabla 9 se indica el muestreo final de encuestas realizadas a productores en Lima y Cañete.

Tabla 9

Número de encuestas final a nivel distrital tras ajuste de muestreo

| Provincia | Distrito | Producción TM | Participación producción | Número de encuestas |
|-----------|----------------------|---------------|--------------------------|---------------------|
| Huaral | Huaral | 93,360 | 67.6 % | 168 |
| | Aucallama | 52,777 | 27.1 % | 68 |
| | Chancay | 4,555 | 5.3 % | 13 |
| | San Vicente | 14,664 | 28.5 % | 26 |
| | Imperial | 13,820 | 28.7 % | 26 |
| | San Luis | 12,469 | 16.8 % | 17 |
| Cañete | Quilmana | 9,484 | 14.4 % | 13 |
| | Nuevo Imperial | 6,542 | 9.3 % | 12 |
| | Lunahuana | 443 | 0.6 % | 0 |
| | Santa Cruz de Flores | 245 | 0.4 % | 0 |
| | Chilca | 581 | 1.2 % | 2 |
| Total | | 351,575 | 100 % | 342 |

Nota: Esta tabla muestra el número de encuestas final a nivel distrital tras ajuste del muestreo realizado.

El resultado del muestreo estratificado ajustado brindó los siguientes requerimientos finales para el levantamiento de información: 249 encuestas en Huaral y 93 encuestas requeridas en Cañete, las cuales internalizan ya el requerimiento de Chincha.

1.5.1.2. Productores

Para la estimación de costos se realizó una muestra pequeña no probabilística representativa y direccionada por conveniencia a los productores de mandarina con producción promedio obtenidos de las encuestas muestrales, debido a la accesibilidad, tiempo, intereses de la investigación de obtener datos cuantitativos sobre los costos y cualitativos que describieran mejor la realidad vista en el sector agropecuario destinado a la producción de mandarina en provincias de la Costa Central del Perú. La Tabla 10 muestra el número de encuestas requeridas en las provincias de Huaral, Cañete y Chincha para información cuantitativa y cualitativa.

Tabla 10*Número de encuestas de costos de producción a nivel provincial.*

| Provincia | Minifundio | Pequeño productor | Mediano productor |
|------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| Huaral | 1 | 3 | 1 |
| Cañete | 0 | 1 | 2 |
| Chincha | 0 | 0 | 1 |
| Total | 1 | 4 | 4 |

Nota: Esta tabla muestra el número de encuestas de costos de producción distribuidas a nivel provincial. Elaborado con data del CENAGRO (2012).

Para la recopilación de encuestas de costos se aplicó el mismo criterio muestral que para las encuestas a productores, por lo que la única encuesta requerida en la provincia de Chincha fue tomada a un productor de la provincia de Cañete.

1.5.2. Tratamiento de los datos

El tratamiento integral de todos los datos recolectados mediante la aplicación de encuestas a productores de mandarina se realizó haciendo uso del programa Excel 2016. En una primera fase se procedió con la identificación de los tipos de productores (según tamaño de UA), posterior a ello se siguió con el ordenamiento de los datos y finalmente con el análisis de diversas características y variables de importancia para la tipificación de los agentes encuestados en grandes grupos o clusters.

1.5.3. Escenarios

Para el Análisis Beneficio / Costo (ABC) se plantearon diversos escenarios ante el posible ingreso del HLB a suelo peruano, precisamente en la Costa Central del país, de tal forma que se pudiera evidenciar la factibilidad de la implementación de una política pública que contuviera el avance de la enfermedad ante distintos niveles de gravedad e impacto de la misma en la producción de mandarina.

Cada escenario dista del otro en cuanto al nivel de adopción de los productores de mandarina al Programa Nacional Fitosanitario (PNF) como también en la rapidez de propagación de la enfermedad, teniendo en consideración que al ser menor el nivel de adopción del PNF, será mayor la magnitud y velocidad de propagación de la enfermedad en cultivos de mandarina, y viceversa. Ver Tabla 11.

Tabla 11

Escenarios alternativos del Análisis Beneficio / Costo para adopción del Programa Nacional Fitosanitario y evaluación de resultados

| No | Tipo de escenario | Características |
|-----------|--------------------------------|--|
| 1 | Tendencial (sin HLB) | Producción sin ingreso del HLB |
| 2 | Epidemiológico (con HLB) | Producción con HLB y sin PNF |
| 3 | Adopción Parcial 25% (con HLB) | 25 % productores adoptan el PNF |
| 4 | Adopción Parcial 30% (con HLB) | 30 % productores adoptan el PNF |
| 5 | Adopción Parcial 40% (con HLB) | 40% productores adoptan el PNF |
| 6 | Adopción Parcial 50% (con HLB) | 50 % productores adoptan el PNF |
| 7 | Adopción Parcial 75% (con HLB) | 75 % productores adoptan el PNF |
| 8 | Adopción Total (con HLB) | 100 % Todos los productores aplican el PNF |

Nota: Esta tabla muestra los escenarios alternativos del ABC para la adopción del Programa Nacional Fitosanitario que servirá para la evaluación de resultados y la demostración de factibilidad del PNF.

1.5.3.1. Escenario tendencial (sin HLB)

En primer lugar, se estimó un modelo que permite demostrar la relación de la variable endógena “Y1” (producción de mandarina) explicada por las variables exógenas agronómicas y económicas que son: superficie cosechada, rendimiento y valor de la producción, con un análisis del periodo 1980 al 2022.

Forma funcional del modelo:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

Donde,

Y_i : Producción de mandarina (kg) en Lima e Ica

β_0 : Intercepto

X_i : Superficie cosechada en Lima e Ica (sumatoria)

X_2 : Rendimiento de producción por hectárea en Lima e Ica (promedio)

X_3 : Cantidad exportación de mandarina de Lima e Ica (agregado)

Tras realizar el análisis de variables, se estimó el comportamiento tendencial de la producción a lo largo del periodo de estudio (2023 – 2040), mediante un modelo de

predicción lineal basado en los datos históricos de la producción de 1980 al 2022 con naturaleza de serie de tiempo. Esto permitió esbozar una función que proyectara la producción futura de mandarina hasta el año 2040 con un alto grado de significancia y coeficiente de determinación estadística (R^2 : 0.8158) y que contaba con la aprobación de expertos que brindaron su validación en base al criterio que consideraban más adecuado para la proyección de la producción de mandarina hasta el año 2040 (ver Anexo 1).

Forma funcional del modelo:

$$Y_i = \beta_1 X_1 + \beta_0$$

$$Y_i = 10,249X_i + 89,493$$

Donde, Y_i : Producción de mandarina (kg) en el año “i”, β_0 : Intercepto, X_i : Año “i”

En comparación con otros modelos de predicción también trabajados (ver Anexo 2), el modelo lineal obtuvo el mayor porcentaje de determinación estadística y contó también con el visto bueno de expertos en materia de producción de mandarina, que validaron el comportamiento de la producción al 2040 postulado por el modelo de estimación lineal.

Adicionalmente, se clasificó a los productores de mandarina según diversos factores de riesgo que los hacen más o menos propensos a propagar la enfermedad según el lugar donde adquieren sus plántones, grado de conocimiento del HLB (sintomatología), número de veces que realiza control de plagas al año, distancia entre la unidad agropecuaria y el centro poblado, distancia entre la unidad agropecuaria y la carretera central, pertenecer a una asociación de cítricos, participación de alguna charla sobre HLB, movimiento de frutas en la unidad agropecuaria y disposición de eliminar un árbol si presenta HLB.

Mediante el algoritmo de agrupación restringido K-prototypes, se clasificaron a estos grupos potenciales de clúster donde el número óptimo de segmentos se obtuvo mediante el método ELBOW.

$$distorsion = \sum_i^N \frac{||X_i - \text{centroide}||^2}{N}$$

Donde: N: número de elementos analizados

Toda esta información es procesada en el software estadístico Python, en donde se calcula el modelo de clasificación variando la cantidad de clusters elegidos hasta encontrar,

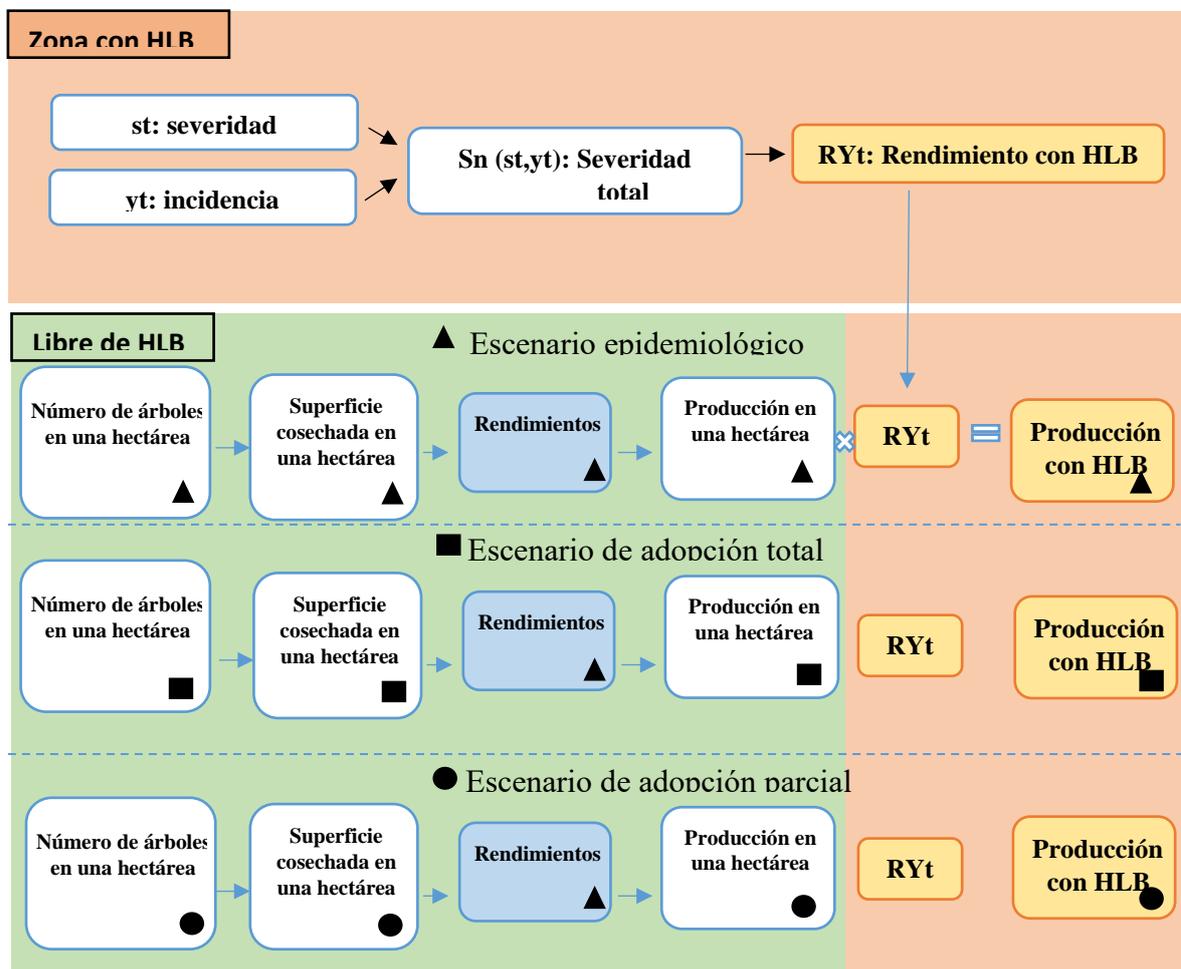
mediante el análisis gráfico, el punto de inflexión más pronunciado que brinda el número de clusters óptimo para la clasificación de las variables (Syakur, 2018).

1.5.4. Modelo epidemiológico

En primer lugar, se presentaron los flujos de aplicación del modelo epidemiológico para la estimación del nivel de producción bajo los efectos del HLB en cada uno de los distintos escenarios planteados para el análisis del Beneficio / Costo (ver Figura 8).

Figura 8

Flujos de aplicación del modelo epidemiológico para la obtención del nivel productivo



Nota: Este gráfico muestra los flujos de aplicación del modelo epidemiológico para la obtención del nivel productivo con HLB en los distintos escenarios planteados para análisis. Elaborado con datos Bassanezi & Bassanezi (2008), Bassanezi et al. (s.f.) y Guadalupe (2022).

En la zona de HLB se muestra la Severidad total (S_n), la cual está en función a las variables de severidad (st) e incidencia (yt), que a su vez poseen sus propias funciones.

En base al nivel de Severidad total estimada se puede calcular el nivel de Rendimiento (RYt) obtenido de aquellas plantaciones infectadas con el HLB, el cual resulta fundamental para el análisis por escenarios de adopción del PNF.

En cuanto al nivel productivo estimado en cada escenario de análisis con HLB, este depende directamente del número de árboles por hectárea, la superficie cosechada y el nivel productivo por rango de edades de los árboles, manteniendo como único dato constante los rendimientos por hectárea. Finalmente, la producción con HLB se calculó multiplicando la producción en una hectárea “sana” (libre de HLB) por los rendimientos estimados por rangos de edad en árboles infectados (con HLB).

1.5.4.1. Supuestos base para el modelo

El análisis de los escenarios inicia con la adaptación del modelo epidemiológico planteado en Bassanezi & Bassanezi (2008) al caso peruano. Para ello, se estima las curvas de severidad con el modelo logístico, comprendido como la proporción de área de la copa de árbol con HLB. Posterior a esto se calcula el nivel de severidad para los distintos niveles de edad de los árboles (0-2 años, 3-5 años, 6-10 años y 10 años en adelante), el cual parte de la tasa anual de progreso de la severidad por edad de árbol (r_L) que toma los valores de 0.2; 0.1; 0.05 y 0.025 para cada rango de edad respectivamente³.

$$st = 1 / (1 + \left(\left(\frac{1}{S_0} \right) - 1 \right) \cdot \exp ((-r_L \cdot t))) \dots \dots \dots (1)$$

Donde,

st: Proporción de área de la copa del árbol con HLB

r_L : Tasa anual de progreso de severidad por edad de los árboles

S_0 : Proporción de área de la copa del árbol con HLB en el año cero

t: tiempo en años (inicia en cero)

Para el caso de la mandarina en Costa Central, se consideró como primer escenario de análisis el escenario epidemiológico (con presencia de HLB y sin PNF), seguido de otros escenarios con HLB y adopción parcial del PNF de 25 % de los productores, adopción parcial de 30 %, adopción parcial de 40 %, adopción parcial de 50 %, adopción parcial

³ Los valores de r_L y S_0 son datos presentados en Bassanezi & Bassanezi (2008) en donde se especifica que fueron tomados de literatura y observaciones de campo en San Pablo, Brasil.

de 75 % y finalmente la adopción total del 100 % de productores. Para continuar con el análisis, se estimaron las curvas de progreso de incidencia de la enfermedad, las cuales reflejan la proporción de árboles con síntomas de HLB en el huerto (yt). La incidencia también se calculó para cada rango de edad de los árboles al igual que en el caso de la severidad, mediante el modelo Gompertz propuesto por Bassanezi & Bassanezi (2008), además los valores utilizados para la tasa anual de progreso de incidencia por la edad de los árboles (rG) fueron 1.300, 0.6500, 0.325 y 0.244 para cada rango de edad, respectivamente⁴.

Dado que se considera como supuesto base que el Perú no tuvo la enfermedad hasta el 2022, los valores de y₀ (proporción de árboles con síntomas en el año cero y en los distintos rangos de edades), se obtuvieron realizando el inverso del número de árboles por cada categoría de edad por hectárea, siendo “n” el número de árboles por rango de edad por hectárea. Para el caso de la presente investigación, se recopilaron datos de campo que indicaron los siguientes valores de n: 42 para la categoría de 0 a 2 años; 56 para la categoría de 3 a 5 años; 221 para la categoría de 6 a 10 años; y 297 para la categoría de árboles mayores de 10 años⁵. Estos valores se toman para el año 2023 ya que es el año en el que se estima ingrese el vector enfermo al país. Este método fue adaptado del estudio de Oliveira *et al.* (2013), ya que se aplicó para el caso del estado de Bahía en Brasil, el cual no poseía la enfermedad en la fecha que se realizó dicho estudio.

$$yt = \exp(-(-\ln(y_0)) \cdot \exp(-r_G \cdot t)) \dots \dots \dots (2)$$

Donde,

yt: Proporción de árboles con síntomas de HLB en el huerto (se detecta por primera vez la enfermedad)

y₀: Proporción de árboles con síntomas en el año cero en el huerto (1/n)

r_G: Tasa anual de progreso de incidencia por la edad de los árboles

t: tiempo en años, inicia en cero

⁴ Fueron revisadas las investigaciones realizadas en Argentina a cargo del COSAVE y SENASA, en donde se presentaban los resultados obtenidos en trabajos de campo y las estrategias de monitoreo implementadas en campos con HLB detectado, pero no fueron encontrados parámetros específicos para los cultivos de mandarina que distaran de lo hallado en la investigación de Bassanezi & Bassanezi (2008).

⁵ Los valores de “n” calculados responden a un promedio simple de los datos obtenidos en trabajo de campo en las provincias consideradas como zonas de estudio.

Con los valores obtenidos de las ecuaciones (1) y (2), se calcula la **severidad total** de HLB en el huerto, en el tiempo, para cada rango de edad (Bassanezi & Bassanezi, 2008).

$$S_n = \sum_{j=0}^{j=n} (y_j - y_{j-1}) S_{n-j} \dots\dots\dots(3)$$

Finalmente, se obtienen los rendimientos de producción con HLB en el tiempo t (RYt), en relación a la producción de árboles sanos y árboles enfermos, y la severidad de los síntomas del HLB (S) para cada rango de edad. Estimado de un ajuste del modelo Exponencial Negativo de Bassanezi y Bassanezi (2008).

$$RYt = \exp (-1.8. S_n) \dots\dots\dots(4)$$

1.5.4.2. Escenario epidemiológico (con HLB y sin PNF)

Para la construcción del primer escenario de producción al 2040⁶ en la Costa Central, aquel en el que se identifica la presencia del HLB en cultivos de mandarina, pero no existe ningún plan de contingencia por parte de la entidad gubernamental; se consideran los siguientes supuestos⁷:

- Los árboles se renuevan cada 20 años.
- Anualmente existen 36 árboles removidos y 36 plántones sembrados por hectárea.
- En una hectárea siempre se mantendrían 616 árboles.
- Los árboles de 0 a 2 años no producen fruto.
- El vector de la enfermedad ingresa al Perú en el año 2023.

Debido a la naturaleza dinámica de las variables incluidas en el estudio, cada una de estas fue evaluada a través del tiempo y por categoría de edad.

⁶ Se eligió una proyección de los escenarios evaluados hasta el 2040 en relación con lo trabajado por otros autores como Bazanessi (2016) o Miranda Galvão et al. (2012) que también tratan los efectos del HLB en la literatura internacional. Todos aquellas investigaciones proyectan los potenciales escenarios de ocurrencia hasta el 2040, tiempo en el que se verían los efectos nocivos del HLB en cultivos cítricos.

⁷ Supuestos establecidos por juicio de expertos de la zona de producción de mandarina, resultado de las encuestas y del taller de estudio “Evaluación de potenciales pérdidas económicas en la cadena de cítricos por el ingreso de la enfermedad Huanglongbing (HLB) en el Perú”, (IICA, 2018).

Para evaluar los cambios en la superficie cosechada, se construyó una tabla en donde se muestran las variaciones en la cantidad de árboles por categoría de edad y como impacta cada categoría en la siguiente.

Para reflejar la cantidad de árboles, se tomaron los valores de w_0 para árboles de 0 a 2 años, x_0 para 3 a 5 años, y_0 para 6 a 10 años y z_0 para árboles mayores de 10 años, para lo cual en el tiempo cero los valores son 42; 56; 221 y 297 árboles respectivamente (ver Tabla 12).

Tabla 12

Modelo dinámico del número de árboles en una hectárea por categoría de edad

| t | wt (0-2 años) | xt (3-5 años) | yt (6-10 años) | zt (+ 10 años) |
|----|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 0 | w_0 | x_0 | y_0 | z_0 |
| 1 | w_0+36 | x_0 | y_0 | z_0-36 |
| 2 | $w_1+36-x_1/4$ | $x_1+w_1/4$ | y_1 | z_1-36 |
| 3 | $w_2+36-x_2/4$ | $x_2+w_2/4-x_2/4$ | $y_2+x_2/4$ | z_2-36 |
| 4 | $w_3+36-x_3/4$ | $x_3+w_3/4-x_3/4$ | $y_3+x_3/4-y_3/4$ | $z_3-36+y_3/4$ |
| 5 | $w_4+36-x_4/4$ | $x_4+w_4/4-x_4/4$ | $y_4+x_4/4-y_4/4$ | $z_4-36+y_4/4$ |
| 6 | $w_5+36-x_5/4$ | $x_5+w_5/4-x_5/4$ | $y_5+x_5/4-y_5/4$ | $z_5-36+y_5/4$ |
| 7 | $w_6+36-x_6/4$ | $x_6+w_6/4-x_6/4$ | $y_6+x_6/4-y_6/4$ | $z_6-36+y_6/4$ |
| 8 | $w_7+36-x_7/4$ | $x_7+w_7/4-x_7/4$ | $y_7+x_7/4-y_7/4$ | $z_7-36+y_7/4$ |
| 9 | $w_8+36-x_8/4$ | $x_8+w_8/4-x_8/4$ | $y_8+x_8/4-y_8/4$ | $z_8-36+y_8/4$ |
| 10 | $w_9+36-x_9/4$ | $x_9+w_9/4-x_9/4$ | $y_9+x_9/4-y_9/4$ | $z_9-36+y_9/4$ |
| 11 | $w_{10}+36-x_{10}/4+z_{10}/8$ | $x_{10}+w_{10}/4-x_{10}/4$ | $y_{10}+x_{10}/4-y_{10}/4$ | $z_{10}-36+y_{10}/4-z_{10}/8$ |
| 12 | $w_{11}+36-x_{11}/4+z_{11}/8$ | $x_{11}+w_{11}/4-x_{11}/4$ | $y_{11}+x_{11}/4-y_{11}/4$ | $z_{11}-36+y_{11}/4-z_{11}/8$ |
| 13 | $w_{12}+36-x_{12}/4+z_{12}/8$ | $x_{12}+w_{12}/4-x_{12}/4$ | $y_{12}+x_{12}/4-y_{12}/4$ | $z_{12}-36+y_{12}/4-z_{12}/8$ |
| 14 | $w_{13}+36-x_{13}/4+z_{13}/8$ | $x_{13}+w_{13}/4-x_{13}/4$ | $y_{13}+x_{13}/4-y_{13}/4$ | $z_{13}-36+y_{13}/4-z_{13}/8$ |
| 15 | $w_{14}+36-x_{14}/4+z_{14}/8$ | $x_{14}+w_{14}/4-x_{14}/4$ | $y_{14}+x_{14}/4-y_{14}/4$ | $z_{14}-36+y_{14}/4-z_{14}/8$ |
| 16 | $w_{15}+36-x_{15}/4+z_{15}/8$ | $x_{15}+w_{15}/4-x_{15}/4$ | $y_{15}+x_{15}/4-y_{15}/4$ | $z_{15}-36+y_{15}/4-z_{15}/8$ |
| 17 | $w_{16}+36-x_{16}/4+z_{16}/8$ | $x_{16}+w_{16}/4-x_{16}/4$ | $y_{16}+x_{16}/4-y_{16}/4$ | $z_{16}-36+y_{16}/4-z_{16}/8$ |

Nota: Este gráfico muestra el modelo dinámico del número de árboles en una hectárea por categoría de edad a través del tiempo.

Para calcular la participación de cada categoría en la superficie total cosechada por edades, se tomaron en cuenta únicamente las tres últimas categorías de edad (siguiendo con el supuesto inicial de que los árboles de 0 a 2 años no producen fruto), siendo la suma de las categorías de 3 a 5 años, de 6 a 10 años, y mayores de 10 años igual a kt .

De igual forma, at , bt , y ct representan la participación en la superficie cosechada de cada categoría respectivamente (ver Tabla 13).

$$xt + yt + zt = kt.....(5)$$

Tabla 13*Participación de la superficie cosechada por categoría de edad de los árboles*

| t | at (3-5 años) | bt (6-10 años) | ct (+ 10 años) | kt (xt+yt+zt) |
|----|---------------|----------------|----------------|---------------|
| 0 | x0/k0 | y0/k0 | z0/k0 | k0 |
| 1 | x1/k1 | y1/k1 | z1/k1 | k1 |
| 2 | x2/k2 | y2/k2 | z2/k2 | k2 |
| 3 | x3/k3 | y3/k3 | z3/k3 | k3 |
| 4 | x4/k4 | y4/k4 | z4/k4 | k4 |
| 5 | x5/k5 | y5/k5 | z5/k5 | k5 |
| 6 | x6/k6 | y6/k6 | z6/k6 | k6 |
| 7 | x7/k7 | y7/k7 | z7/k7 | k7 |
| 8 | x8/k8 | y8/k8 | z8/k8 | k8 |
| 9 | x9/k9 | y9/k9 | z9/k9 | k9 |
| 10 | x10/k10 | y10/k10 | z10/k10 | k10 |
| 11 | x11/k11 | y11/k11 | z11/k11 | k11 |
| 12 | x12/k12 | y12/k12 | z12/k12 | k12 |
| 13 | x13/k13 | y13/k13 | z13/k13 | k13 |
| 14 | x14/k14 | y14/k14 | z14/k14 | k14 |
| 15 | x15/k15 | y15/k15 | z15/k15 | k15 |
| 16 | x16/k16 | y16/k16 | z16/k16 | k16 |
| 17 | x17/k17 | y17/k17 | z17/k17 | k17 |

Nota: Este gráfico muestra la participación de la superficie cosechada por categoría de edad de los árboles a través del tiempo.

Para trasladar todo lo modelado a cifras reales, se tomó como supuesto técnico que cada hectárea de mandarina tiene un rendimiento de 37.55 toneladas⁸. Con esto, se dividió la producción total del año “t” (Pt) entre las 37.55 toneladas para obtener la superficie cosechada total en el tiempo (Spct). Por último, la superficie cosechada total (Spct) se multiplica con los porcentajes de participación at, bt y ct para obtener la superficie cosechada por cada categoría de edad de los árboles en el tiempo. Esto es representado por dt, et y ft para mostrar la superficie cosechada por árboles de 3 a 5 años, de 6 a 10 años y mayores de 10 años, respectivamente (ver Tabla 14).

$$Spct = Pt/37.55.....(6)$$

- Superficie cosechada de la categoría de 3 a 5 años (dt)

$$dt = Spct \times at.....(7)$$

⁸ Calculado del promedio histórico de los últimos quince años en los departamentos de Lima e Ica, periodo de mayor estabilidad en la producción, con menor variación en la superficie cosechada y que se asemeja más a juicio de expertos a la situación coyuntural vivida dentro del sector agropecuario, específicamente al sector productor de mandarina.

- Superficie cosechada de la categoría de 6 a 10 años (et)

$$et = Spct \times bt \dots \dots \dots (8)$$

- Superficie cosechada de la categoría más de 10 años (ft)

$$ft = Spct \times ct \dots \dots \dots (9)$$

Tabla 14

Producción total, superficie cosechada total y super cosechada por categoría de edad de los árboles

| t | Pt (producción) | Spct (superficie cosechada) | dt (3-5 años) | et (6-10 años) | ft (+ 10 años) |
|----|--------------------|--------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| 0 | P0 | P0/37.55 | (Spc0)(a0) | (Spc0)(b0) | (Spc0)(c0) |
| 1 | P1 | P1/37.55 | (Spc1)(a1) | (Spc1)(b1) | (Spc1)(c1) |
| 2 | P2 | P2/37.55 | (Spc2)(a2) | (Spc2)(b2) | (Spc2)(c2) |
| 3 | P3 | P3/37.55 | (Spc3)(a3) | (Spc3)(b3) | (Spc3)(c3) |
| 4 | P4 | P4/37.55 | (Spc4)(a4) | (Spc4)(b4) | (Spc4)(c4) |
| 5 | P5 | P5/37.55 | (Spc5)(a5) | (Spc5)(b5) | (Spc5)(c5) |
| 6 | P6 | P6/37.55 | (Spc6)(a6) | (Spc6)(b6) | (Spc6)(c6) |
| 7 | P7 | P7/37.55 | (Spc7)(a7) | (Spc7)(b7) | (Spc7)(c7) |
| 8 | P8 | P8/37.55 | (Spc8)(a8) | (Spc8)(b8) | (Spc8)(c8) |
| 9 | P9 | P9/37.55 | (Spc9)(a9) | (Spc9)(b9) | (Spc9)(c9) |
| 10 | P10 | P10/37.55 | (Spc10)(a10) | (Spc10)(b10) | (Spc10)(c10) |
| 11 | P11 | P11/37.55 | (Spc11)(a11) | (Spc11)(b11) | (Spc11)(c11) |
| 12 | P12 | P12/37.55 | (Spc12)(a12) | (Spc12)(b12) | (Spc12)(c12) |
| 13 | P13 | P13/37.55 | (Spc13)(a13) | (Spc13)(b13) | (Spc13)(c13) |
| 14 | P14 | P14/37.55 | (Spc14)(a14) | (Spc14)(b14) | (Spc14)(c14) |
| 15 | P15 | P15/37.55 | (Spc15)(a15) | (Spc15)(b15) | (Spc15)(c15) |
| 16 | P16 | P16/37.55 | (Spc16)(a16) | (Spc16)(b16) | (Spc16)(c16) |
| 17 | P17 | P17/37.55 | (Spc17)(a17) | (Spc17)(b17) | (Spc17)(c17) |

Nota: Este gráfico muestra el nivel de producción total, superficie cosechada total y super cosechada por categoría de edad de los árboles, a través del tiempo.

Para calcular los rendimientos de cada categoría de edad de los árboles a través del tiempo, se utilizó la herramienta Solver de Excel, con la que se fijó como función objetivo que α sea igual a cero. En dicha ecuación, Pt representa la producción total, PAt es la producción de la categoría de 3 a 5 años, PBt la producción de la categoría de 6 a 10 años, y PCt la producción para la categoría de árboles mayores de 10 años.

$$\alpha = \sum_{t=0}^{17} (Pt - PAt - PBt - PCt) \dots \dots (10)$$

Para indicar las celdas variables se utilizaron RA_t, RB_t y RC_t que representan los rendimientos para cada categoría de edad de los árboles a través del tiempo. Adicionalmente, se toman restricciones para garantizar que los valores obtenidos respeten y se ciñan a los parámetros técnicos brindados por expertos técnicos en la producción de mandarina (ver Tabla 15).

$$15 \leq RA_t \leq 25$$

$$25 \leq RB_t \leq 40$$

$$45 \leq RC_t \leq 65$$

Tabla 15

Rendimiento y producción por categoría de edad a través del tiempo

| t | RA _t (3-5 años) | RB _t (6-10 años) | RC _t (+ 10 años) | PA _t (3-5 años) | PB _t (6-10 años) | PC _t (+ 10 años) |
|----|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0 | RA0 | RB0 | RC0 | (Spc0)(RA0) | (Spc0)(RB0) | (Spc0)(RC0) |
| 1 | RA1 | RB1 | RC1 | (Spc1)(RA1) | (Spc1)(RB1) | (Spc1)(RC1) |
| 2 | RA2 | RB2 | RC2 | (Spc2)(RA2) | (Spc2)(RB2) | (Spc2)(RC2) |
| 3 | RA3 | RB3 | RC3 | (Spc3)(RA3) | (Spc3)(RB3) | (Spc3)(RC3) |
| 4 | RA4 | RB4 | RC4 | (Spc4)(RA4) | (Spc4)(RB4) | (Spc4)(RC4) |
| 5 | RA5 | RB5 | RC5 | (Spc5)(RA5) | (Spc5)(RB5) | (Spc5)(RC5) |
| 6 | RA6 | RB6 | RC6 | (Spc6)(RA6) | (Spc6)(RB6) | (Spc6)(RC6) |
| 7 | RA7 | RB7 | RC7 | (Spc7)(RA7) | (Spc7)(RB7) | (Spc7)(RC7) |
| 8 | RA8 | RB8 | RC8 | (Spc8)(RA8) | (Spc8)(RB8) | (Spc8)(RC8) |
| 9 | RA9 | RB9 | RC9 | (Spc9)(RA9) | (Spc9)(RB9) | (Spc9)(RC9) |
| 10 | RA10 | RB10 | RC10 | (Spc10)(RA10) | (Spc10)(RB10) | (Spc10)(RC10) |
| 11 | RA11 | RB11 | RC11 | (Spc11)(RA11) | (Spc11)(RB11) | (Spc11)(RC11) |
| 12 | RA12 | RB12 | RC12 | (Spc12)(RA12) | (Spc12)(RB12) | (Spc12)(RC12) |
| 13 | RA13 | RB13 | RC13 | (Spc13)(RA13) | (Spc13)(RB13) | (Spc13)(RC13) |
| 14 | RA14 | RB14 | RC14 | (Spc14)(RA14) | (Spc14)(RB14) | (Spc14)(RC14) |
| 15 | RA15 | RB15 | RC15 | (Spc15)(RA15) | (Spc15)(RB15) | (Spc15)(RC15) |
| 16 | RA16 | RB16 | RC16 | (Spc16)(RA16) | (Spc16)(RB16) | (Spc16)(RC16) |
| 17 | RA17 | RB17 | RC17 | (Spc17)(RA17) | (Spc17)(RB17) | (Spc17)(RC17) |

Nota: Este gráfico muestra el rendimiento y producción por categoría de edad de los árboles a través del tiempo.

Finalmente, para poder proyectar la producción total de mandarina con HLB y sin PNF ejecutado, se multiplicó la producción por rango de edades sin HLB (PA_t, PB_t y PC_t) por RY_t, que representa el rendimiento con HLB por rango de edad correspondiente. La suma total de los resultados finales (δ_t + ε_t + θ_t) configuraría la producción total (Pt) con HLB y sin PNF.

- Producción con HLB y sin PNF de la categoría de 3 a 5 años (δ_t)

$$\delta t = PAt \times RYt(3 \text{ a } 5 \text{ años}) \dots (11)$$

- Producción con HLB y sin PNF de la categoría de 6 a 10 años (ϵt)

$$\epsilon t = PAt \times RYt(6 \text{ a } 10 \text{ años}) \dots (12)$$

- Producción con HLB y sin PNF de la categoría de más de 10 años (θt)

$$\theta t = PAt \times RYt(\text{más de } 10 \text{ años}) \dots (13)$$

- Producción total con HLB y sin PNF en el tiempo t (Pt)

$$Pt = \delta t + \epsilon t + \theta t \dots (14)$$

Los valores hallados de la producción total (Pt) con HLB y sin PNF a través del tiempo permitieron realizar la comparación numérica con escenarios diversos que si incluyen la adopción por parte de los productores de un PNF de forma parcial o total.

1.5.4.3. Escenario de adopción total (con HLB y 100 % de productores adoptan el PNF)

Para la construcción del escenario de adopción total, se aplicó la metodología planteada por Bassanezi et al. (s.f.), donde se asume que todos los productores de mandarina adoptarán el plan de contención, lo que ocasionaría la eliminación del 2 % de árboles anualmente a manera de prevención, y, por ende, ayudaría a que el ingreso de la enfermedad al país sea rápidamente controlado por los productores.

Para calcular la producción tendencial sin HLB y con adopción total del PNF se plantearon los siguientes supuestos⁹:

- Los árboles se renuevan cada 20 años.
- Anualmente existen 36 árboles removidos y 36 plantones sembrados por hectárea.
- En una hectárea siempre se mantendrían 616 árboles.
- Los árboles de 0 a 2 años no producen fruto.
- Se elimina el 2 % de árboles por hectárea anualmente a manera de prevención.

⁹ Realizado por juicio de expertos de la zona en la producción de naranja, resultados de las encuestas, del taller del estudio “Evaluación de potenciales pérdidas económicas en la cadena de cítricos por el ingreso de la enfermedad Huanglongbing (HLB) en el Perú” (IICA, 2018), y del estudio “Projeção da produção de laranja no Estado de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro considerando diferentes cenários de controle do Huanglongbing” (Bassanezi Beozzo, Belasque, & Barbosa, s.f).

A diferencia de lo planteado en el escenario epidemiológico (con HLB y sin PNF), en este caso de análisis la superficie cosechada si varía, dada la condición del 2 % de árboles eliminados por prevención. Sin embargo, las variables se mantienen y, por ende, se continúan fijando los valores de w_0 para árboles de 0 a 2 años, x_0 para árboles de 3 a 5 años, y_0 para aquellos de 6 a 10 años, y z_0 para los árboles mayores de 10 años. En el tiempo cero los valores de dichas variables son 42; 56; 221 y 297 respectivamente y μ representa los 616 árboles por hectárea que se mantienen en el tiempo (ver Tabla 16).

Tabla 16

Número de árboles por hectárea y por categoría de edad de los árboles en el tiempo, con eliminación del 2 % preventivo de árboles por hectárea

| t | Wt (0-2 años) | Xt (3-5 años) | Yt (6-10 años) | Zt (+ 10 años) |
|----|---|---|---|--|
| 0 | $w_0 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_0 - \mu(2\%)/4$ | $y_0 - \mu(2\%)/4$ | $z_0 - \mu(2\%)/4$ |
| 1 | $w_0 + 36 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_0 - \mu(2\%)/4$ | $y_0 - \mu(2\%)/4$ | $z_0 - 36 - \mu(2\%)/4$ |
| 2 | $w_1 + 36 - x_1/4 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_1 + w_1/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_1 - \mu(2\%)/4$ | $z_1 - 36 - \mu(2\%)/4$ |
| 3 | $w_2 + 36 - x_2/4 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_2 + w_2/4 - x_2/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_2 + x_2/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_2 - 36 - \mu(2\%)/4$ |
| 4 | $w_3 + 36 - x_3/4 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_3 + w_3/4 - x_3/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_3 + x_3/4 - y_3/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_3 - 36 + y_3/4 - \mu(2\%)/4$ |
| 5 | $w_4 + 36 - x_4/4 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_4 + w_4/4 - x_4/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_4 + x_4/4 - y_4/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_4 - 36 + y_4/4 - \mu(2\%)/4$ |
| 6 | $w_5 + 36 - x_5/4 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_5 + w_5/4 - x_5/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_5 + x_5/4 - y_5/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_5 - 36 + y_5/4 - \mu(2\%)/4$ |
| 7 | $w_6 + 36 - x_6/4 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_6 + w_6/4 - x_6/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_6 + x_6/4 - y_6/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_6 - 36 + y_6/4 - \mu(2\%)/4$ |
| 8 | $w_7 + 36 - x_7/4 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_7 + w_7/4 - x_7/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_7 + x_7/4 - y_7/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_7 - 36 + y_7/4 - \mu(2\%)/4$ |
| 9 | $w_8 + 36 - x_8/4 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_8 + w_8/4 - x_8/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_8 + x_8/4 - y_8/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_8 - 36 + y_8/4 - \mu(2\%)/4$ |
| 10 | $w_9 + 36 - x_9/4 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_9 + w_9/4 - x_9/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_9 + x_9/4 - y_9/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_9 - 36 + y_9/4 - \mu(2\%)/4$ |
| 11 | $w_{10} + 36 - x_{10}/4 + z_{10}/8 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_{10} + w_{10}/4 - x_{10}/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_{10} + x_{10}/4 - y_{10}/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_{10} - 36 + y_{10}/4 - \mu(2\%)/4 - z_{10}/8$ |
| 12 | $w_{11} + 36 - x_{11}/4 + z_{11}/8 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_{11} + w_{11}/4 - x_{11}/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_{11} + x_{11}/4 - y_{11}/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_{11} - 36 + y_{11}/4 - \mu(2\%)/4 - z_{11}/8$ |
| 13 | $w_{12} + 36 - x_{12}/4 + z_{12}/8 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_{12} + w_{12}/4 - x_{12}/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_{12} + x_{12}/4 - y_{12}/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_{12} - 36 + y_{12}/4 - \mu(2\%)/4 - z_{12}/8$ |
| 14 | $w_{13} + 36 - x_{13}/4 + z_{13}/8 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_{13} + w_{13}/4 - x_{13}/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_{13} + x_{13}/4 - y_{13}/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_{13} - 36 + y_{13}/4 - \mu(2\%)/4 - z_{13}/8$ |
| 15 | $w_{14} + 36 - x_{14}/4 + z_{14}/8 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_{14} + w_{14}/4 - x_{14}/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_{14} + x_{14}/4 - y_{14}/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_{14} - 36 + y_{14}/4 - \mu(2\%)/4 - z_{14}/8$ |
| 16 | $w_{15} + 36 - x_{15}/4 + z_{15}/8 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_{15} + w_{15}/4 - x_{15}/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_{15} + x_{15}/4 - y_{15}/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_{15} - 36 + y_{15}/4 - \mu(2\%)/4 - z_{15}/8$ |
| 17 | $w_{16} + 36 - x_{16}/4 + z_{16}/8 - \mu(2\%)/4 + \mu(2\%)$ | $x_{16} + w_{16}/4 - x_{16}/4 - \mu(2\%)/4$ | $y_{16} + x_{16}/4 - y_{16}/4 - \mu(2\%)/4$ | $z_{16} - 36 + y_{16}/4 - \mu(2\%)/4 - z_{16}/8$ |

Tras hallar el número de árboles por categoría de edad, se repitió el proceso seguido para el escenario epidemiológico en el cual se calculó la participación de superficie cosechada por edades (ecuación 5, Tabla 10), hasta encontrar los nuevos valores de superficie cosechada (PA_t, PB_t, PC_t) para el escenario de adopción total. Las nuevas superficies cosechadas por edad de los árboles se multiplicaron por los rendimientos obtenidos en la Tabla 11. Con esta resolución se lograron calcular los nuevos niveles de producción por categoría del escenario de adopción total, siendo la suma de esas tres categorías la producción total a través del tiempo para un escenario de adopción al 100 % por parte de los productores de mandarina.

- Producción sin HLB y con PNF estricto de la categoría de 3 a 5 años (δt)

$$\delta t = PA_t \times RA_t \dots \dots (15)$$

- Producción sin HLB y con PNF estricto de la categoría de 6 a 10 años (ϵt)

$$\epsilon t = PBt \times RBt \dots (16)$$

- Producción sin HLB y con PNF estricto de la categoría de más de 10 años (θt)

$$\theta t = PBt \times RCt \dots (17)$$

- Producción sin HLB y con PNF estricto en el tiempo t (Pt)

$$Pt = \delta t + \epsilon t + \theta t \dots (18)$$

1.5.4.4. Escenarios de adopción parcial (con HLB y un porcentaje de productores adoptan el PNF)

Los escenarios de adopción parcial tienen como base la metodología planteada por Bassanezi et al. (s.f.) en donde el PNF es adoptado únicamente por un porcentaje de los productores de mandarina, ocasionando que esta vez se remueva anualmente el 3 % de árboles por hectárea como medida de prevención por parte de los productores adoptantes. En los escenarios planteados de adopción parcial, el PNF es acatado por el 25 %, 30 %, 40 %, 50 % y 75 % de los productores, siendo por consiguiente la diferencia restante la de aquellos productores que sufren las repercusiones directas del HLB en sus plantaciones y que favorecen a la propagación parcial de la enfermedad. Para poder efectuar los cálculos numéricos en estos escenarios, fue necesario partir la superficie cosechada en dos partes: una que refleje el comportamiento dinámico de la superficie para aquellos productores adoptantes del PNF, y otra que muestre lo sucedido en la superficie cosechada de los productores no adoptantes del PNF. Para encontrar el impacto total, se aplicaron en paralelo las dos metodologías previamente descritas (escenario epidemiológico y escenario de adopción total), logrando así estimar de forma parcial la producción para los productores adoptantes y no adoptantes, de tal manera que se sumen ambos resultados y determinar el impacto global de cada escenario de adopción parcial.

1.5.4.4.1. Producción de los productores que si adoptan el PNF en subescenarios parciales (25 %, 30 %, 40 %, 50 % y 75 %)

Para obtener la producción de los productores adoptantes del PNF en los diversos escenarios de adopción parcial, se consideraron los siguientes supuestos¹⁰:

- Los árboles se renuevan cada 20 años.
- Se remueven 36 árboles y se siembran 36 plántones nuevos por hectárea cada año.
- En una hectárea siempre se mantendrán 616 árboles.
- Los árboles de la categoría de 0-2 años no producen frutos.
- Se elimina el 3 % de árboles anualmente por hectárea solo de los productores que adoptan el PNF.

Se evaluó la superficie cosechada a través del tiempo que varía con respecto al escenario de adopción total, debido a la eliminación anual del 3 % de árboles. Por este motivo, la tabla de número de árboles varía en el tiempo, y se toman en cuenta los cambios de la cantidad de árboles de cada categoría, los cuales toman los valores de w_0 para árboles de 0 a 2 años, x_0 de 3 a 5 años, y_0 de 6 a 10 años y z_0 para más de 10 años. En el t_0 los valores son 42; 56; 221 y 297 árboles respectivamente, y μ representa los 616 árboles que se mantienen por hectárea (ver Tabla 17).

Tabla 17

Número de árboles por hectárea y por categoría de edad de los árboles en el tiempo, con eliminación del 3 % preventivo de árboles por hectárea

| t | Wt (0-2 años) | Xt (3-5 años) | Yt (6-10 años) | Zt (+ 10 años) |
|----|---|---|---|--|
| 0 | $w_0 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_0 - \mu(3\%)/4$ | $y_0 - \mu(3\%)/4$ | $z_0 - \mu(3\%)/4$ |
| 1 | $w_0 + 36 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_0 - \mu(3\%)/4$ | $y_0 - \mu(3\%)/4$ | $z_0 - 36 - \mu(3\%)/4$ |
| 2 | $w_1 + 36 - x_1/4 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_1 + w_1/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_1 - \mu(3\%)/4$ | $z_1 - 36 - \mu(3\%)/4$ |
| 3 | $w_2 + 36 - x_2/4 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_2 + w_2/4 - x_2/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_2 + x_2/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_2 - 36 - \mu(3\%)/4$ |
| 4 | $w_3 + 36 - x_3/4 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_3 + w_3/4 - x_3/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_3 + x_3/4 - y_3/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_3 - 36 + y_3/4 - \mu(3\%)/4$ |
| 5 | $w_4 + 36 - x_4/4 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_4 + w_4/4 - x_4/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_4 + x_4/4 - y_4/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_4 - 36 + y_4/4 - \mu(3\%)/4$ |
| 6 | $w_5 + 36 - x_5/4 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_5 + w_5/4 - x_5/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_5 + x_5/4 - y_5/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_5 - 36 + y_5/4 - \mu(3\%)/4$ |
| 7 | $w_6 + 36 - x_6/4 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_6 + w_6/4 - x_6/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_6 + x_6/4 - y_6/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_6 - 36 + y_6/4 - \mu(3\%)/4$ |
| 8 | $w_7 + 36 - x_7/4 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_7 + w_7/4 - x_7/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_7 + x_7/4 - y_7/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_7 - 36 + y_7/4 - \mu(3\%)/4$ |
| 9 | $w_8 + 36 - x_8/4 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_8 + w_8/4 - x_8/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_8 + x_8/4 - y_8/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_8 - 36 + y_8/4 - \mu(3\%)/4$ |
| 10 | $w_9 + 36 - x_9/4 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_9 + w_9/4 - x_9/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_9 + x_9/4 - y_9/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_9 - 36 + y_9/4 - \mu(3\%)/4$ |
| 11 | $w_{10} + 36 - x_{10}/4 + z_{10}/8 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_{10} + w_{10}/4 - x_{10}/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_{10} + x_{10}/4 - y_{10}/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_{10} - 36 + y_{10}/4 - \mu(3\%)/4 - z_{10}/8$ |
| 12 | $w_{11} + 36 - x_{11}/4 + z_{11}/8 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_{11} + w_{11}/4 - x_{11}/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_{11} + x_{11}/4 - y_{11}/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_{11} - 36 + y_{11}/4 - \mu(3\%)/4 - z_{11}/8$ |
| 13 | $w_{12} + 36 - x_{12}/4 + z_{12}/8 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_{12} + w_{12}/4 - x_{12}/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_{12} + x_{12}/4 - y_{12}/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_{12} - 36 + y_{12}/4 - \mu(3\%)/4 - z_{12}/8$ |
| 14 | $w_{13} + 36 - x_{13}/4 + z_{13}/8 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_{13} + w_{13}/4 - x_{13}/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_{13} + x_{13}/4 - y_{13}/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_{13} - 36 + y_{13}/4 - \mu(3\%)/4 - z_{13}/8$ |
| 15 | $w_{14} + 36 - x_{14}/4 + z_{14}/8 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_{14} + w_{14}/4 - x_{14}/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_{14} + x_{14}/4 - y_{14}/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_{14} - 36 + y_{14}/4 - \mu(3\%)/4 - z_{14}/8$ |
| 16 | $w_{15} + 36 - x_{15}/4 + z_{15}/8 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_{15} + w_{15}/4 - x_{15}/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_{15} + x_{15}/4 - y_{15}/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_{15} - 36 + y_{15}/4 - \mu(3\%)/4 - z_{15}/8$ |
| 17 | $w_{16} + 36 - x_{16}/4 + z_{16}/8 - \mu(3\%)/4 + \mu(3\%)$ | $x_{16} + w_{16}/4 - x_{16}/4 - \mu(3\%)/4$ | $y_{16} + x_{16}/4 - y_{16}/4 - \mu(3\%)/4$ | $z_{16} - 36 + y_{16}/4 - \mu(3\%)/4 - z_{16}/8$ |

¹⁰ Realizado por juicio de expertos de la zona en la producción de mandarina, resultados de las encuestas, del taller del estudio “Evaluación de potenciales pérdidas económicas en la cadena de cítricos por el ingreso de la enfermedad Huanglongbing (HLB) en el Perú” (IICA, 2018), y del estudio “Projeção da produção de laranja no Estado de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro considerando diferentes cenários de controle do Huanglongbing” (Bassanezi Beozzo, Belasque, & Barbosa, S.f).

Finalmente, se continuó con el mismo procedimiento matemático del escenario de adopción total hasta la ecuación 18, con lo cual se obtuvo la producción total de productores de mandarina que adoptan el PNF de forma parcial, con una remoción anual de árboles al 3 % como medida preventiva.

1.5.4.4.2. Producción de los productores que no adoptan el PNF en subescenarios parciales (25 %, 30 %, 40 %, 50 % y 75 %)

En el análisis de escenarios parciales existe un porcentaje de productores no adoptantes del PNF, para los cuales se aplica la metodología del escenario epidemiológico incluyendo los mismos supuestos que validan dicho escenario y considerando un efecto propagador de la enfermedad sin contención. De esa forma se obtuvo la producción total de productores de mandarina que no adoptan el PNF.

Por último, la suma de la producción de los productores de mandarina que adoptan el PNF en sub escenarios (25 %,30 %,40 %, 50 % y 75 %) y la producción de los productores de mandarina que no adoptan el PNF en sub escenarios también (75 %,70 %,60 %, 50 % y 25 %), será igual a la producción total en un determinado sub escenario de adopción del PNF. Los resultados de las tablas presentadas para la construcción de estos escenarios se encuentran en los Anexos 3, 4, 5, 6, 7 y 8 del presente documento.

1.5.4.5. Análisis Beneficio – Costo

Como conclusión del análisis por escenarios, se presentó en términos económicos y/o monetarios los beneficios (costos evitados) y costos reales de la ejecución del PNF.

Para ello, se aplicó la fórmula del Beneficio – Costo utilizada en Miranda et al. (2012):

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{j=0}^n R_j / (1+i)^j}{\sum_{j=0}^n C_j / (1+i)^j}$$

Dónde:

Para el escenario epidemiológico:

- R_j: Beneficios sin adoptar el PNF en el año j
- C_j: Costos sin implementación del PNF el año j

Para escenarios con PNF:

- Rj: Beneficios de adoptar el PNF el año j
- Cj: Costos de implementación del PNF el año j.

Asimismo, se estimó las pérdidas de producción por ingreso del HLB en cada escenario planteado y ganancias no realizadas, con el ABC. Gracias a esto, las diferencias de producción de cada escenario esbozado permitieron comparar las pérdidas económicas y los beneficios logrados en forma de costos evitados por pérdida de producción a causa del ingreso del HLB en cultivos de mandarina para la Costa Central.

Para completar el análisis integral de los escenarios, se estimó el impacto en jornales y ganancias no percibidas con el ABC, de tal forma que las diferencias de producción en cada uno de los escenarios permitieron comparar los niveles de afectación y así calcular las pérdidas económicas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presentan los resultados del estudio, entre ellos los resultados de campo, las proyecciones de producción de mandarinas en los diferentes escenarios prospectivos y el ABC para cada escenario de adopción del PNF, así como la discusión de resultados.

4.1. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS A LA POBLACIÓN OBJETIVO

4.1.1. Características del productor de mandarina en la Costa Central

En relación a las características del hogar del productor, se obtuvo que el 21 % de los encuestados eran mujeres y el 79 % hombres, mientras que la edad promedio de la población fue 52 años. En cuanto al parentesco con el jefe del hogar, el 67 % afirmó ser jefe del hogar, el 17 % indicó ser hijo del jefe de hogar. El 65 % de los encuestados comentó ser padre del hogar, y únicamente el 13 % la madre de hogar. De igual forma, el 83 % de los entrevistados afirmaba tener como ocupación exclusiva el ser agricultor (ver Tabla 18).

Tabla 18

Características principales del hogar del productor y ocupación.

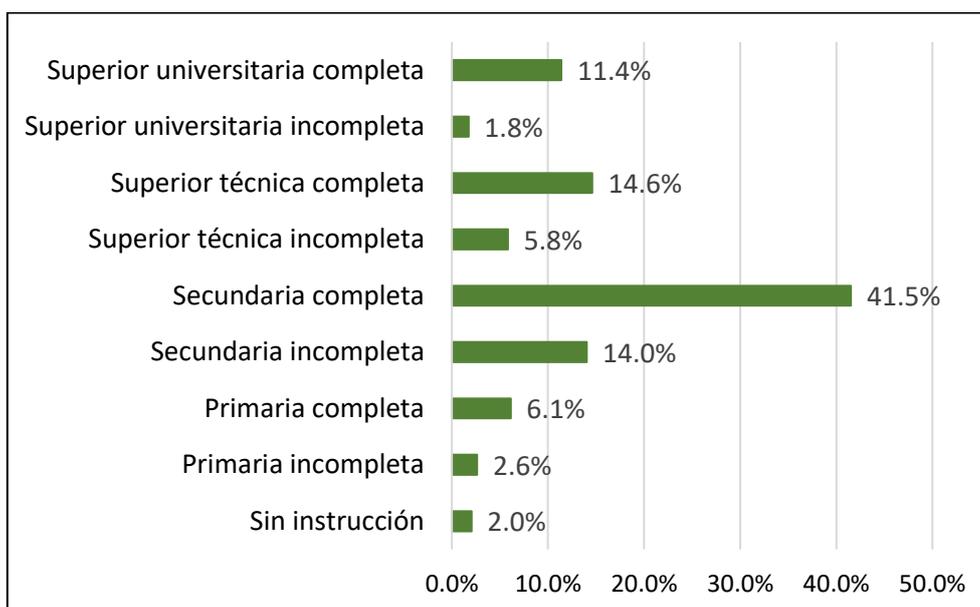
| Miembro del hogar | Parentesco con el jefe del hogar | Ocupación |
|-------------------|----------------------------------|--------------------------|
| Padre | 65.0 % | Soy jefe de hogar 67.3 % |
| Madre | 13.0 % | Esposo 2.9 % |
| Hijo | 16.3 % | Esposa 7.6 % |
| | | Hijo(a) 17.3 % |
| | | Agricultor 82.7 % |
| | | Agropecuario 5.8 % |
| | | Ama de casa 0.9 % |

Fuente: Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022.

En cuanto al nivel educativo de los productores de mandarina encuestados, el 6.1 % cuenta con primaria completa, 41.5 % posee secundaria completa, el 14.6 % tiene estudios superiores técnicos completos y el 11.4 % cuenta con estudios superiores universitarios completos. Cabe indicar también que el 2.0 % no cuenta con nivel de instrucción y 24.3 % tiene estudios truncaos en los distintos niveles de educación (ver Figura 9).

Figura 9

Estructura del nivel educativo del productor de mandarina



Nota: Este gráfico muestra la estructura del nivel educativo del productor de mandarina. Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Hualar y Cañete en 2022.

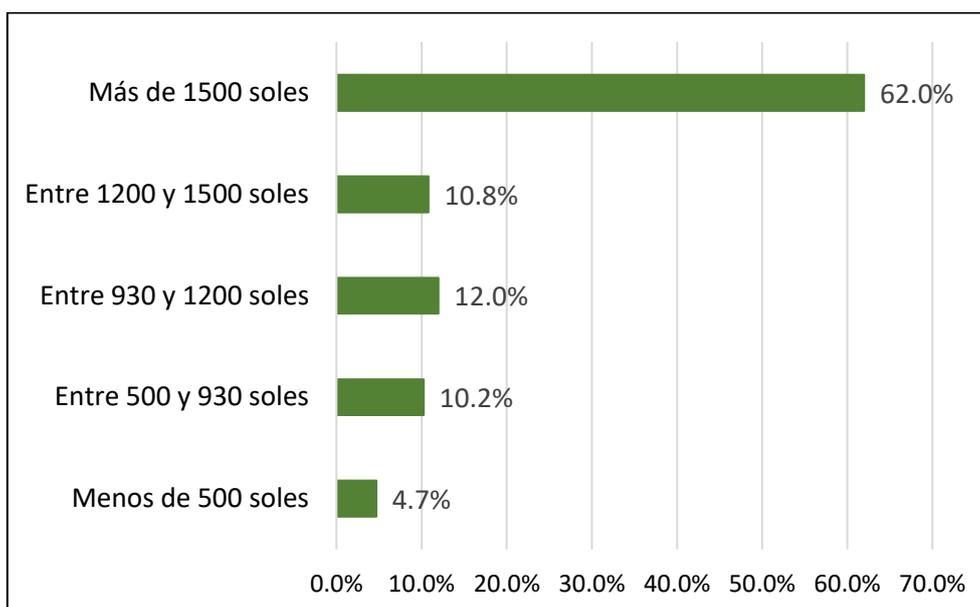
En cuanto al ingreso mensual que percibe el productor, se pudo identificar que el 62.0 % de los encuestados poseía un ingreso mayor a 1500 soles mensuales (equivalente a 405.4 dólares americanos¹¹); el 22.8 % tenía un ingreso entre 930 (equivalente a 251.4 dólares americanos) y 1500 soles mes¹²; el 14.9 % tenían ingresos menores a 930 soles mensuales (ver Figura 10).

¹¹ Se utilizó un tipo de cambio de soles por 1 USD registrado en la fecha de levantamiento de información (diciembre 2022): S/. 3.70 soles por dólar americano (Fuente: BCRP).

¹² Se utilizó para mayor referencia la RMV (remuneración mínima vital) del año 2021: 930 soles.

Figura 10

Estructura del nivel de ingreso mensual del productor de mandarina

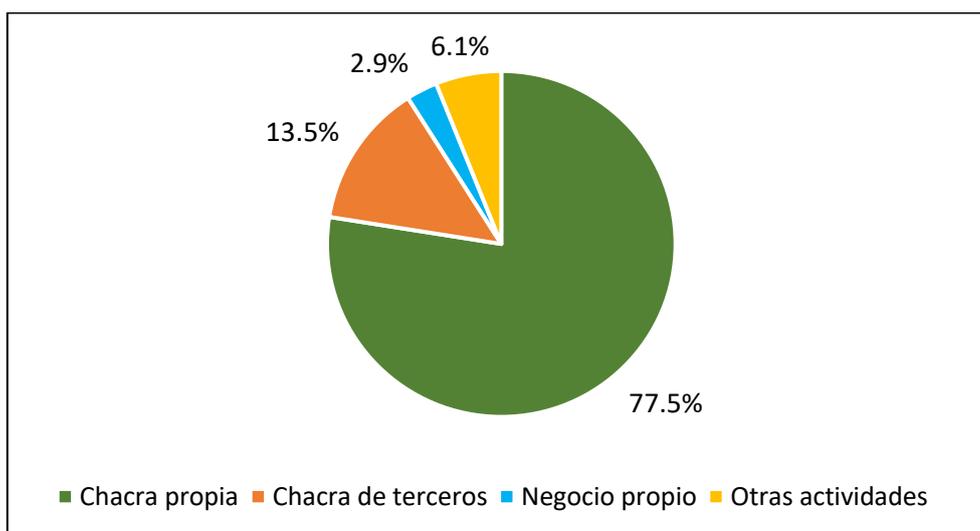


Nota: Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022.

Finalmente, el 77.5 % de los encuestados afirma que como fuente de ingreso trabaja en su propia chacra; el 13.5 % indica trabajar en chacras de terceros; el 2.9 % que trabaja en su propio negocio, y el 6.1 % manifiesta tener otras actividades como fuente de ingreso (ver Figura 11).

Figura 11

Fuente de ingreso del productor de mandarina.



Nota: Este gráfico muestra la fuente de ingreso del productor de mandarina. Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022.

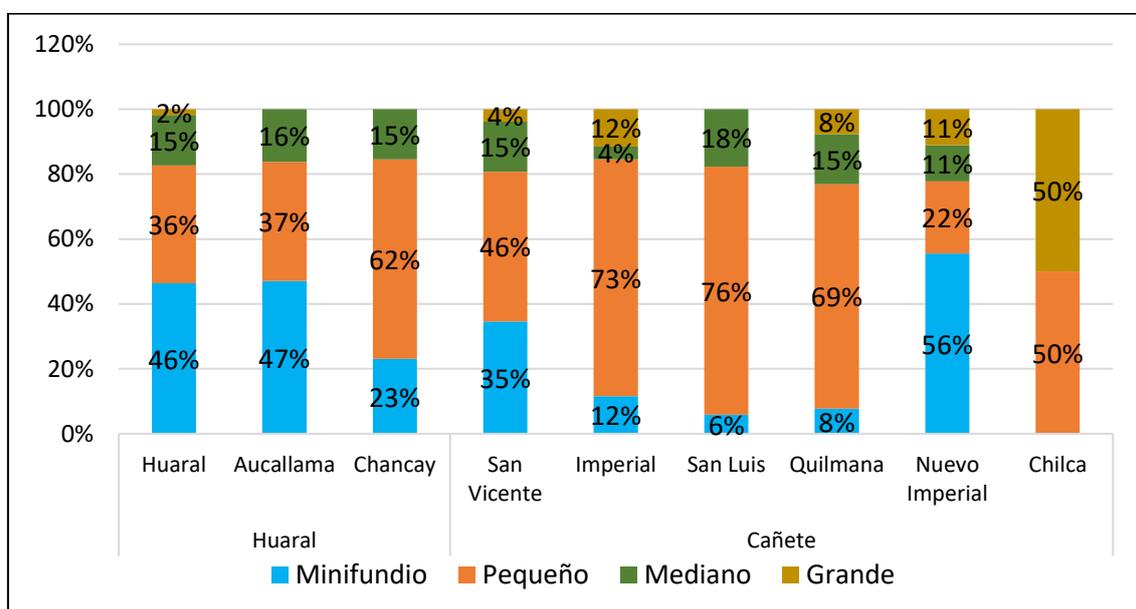
4.1.2. Estructura agraria

El primer punto a tocar en la descripción de la estructura agraria de los productores de mandarina de la Costa Central es el relacionado a la extensión de campo o superficie cosechada que manejan en sus unidades agropecuarias.

Los productores de mandarina de la provincia de Huaral manejan en promedio 5.3 hectáreas en su unidad agraria principal, mientras que aquellos productores de mandarina residentes en la provincia de Cañete poseen 13.0 hectáreas en promedio en sus unidades principales¹³. De acuerdo a la clasificación que realiza el CENAGRO (2012), un productor se considera poseedor de un minifundio cuando este tiene una extensión de entre 0 a 2.99 hectáreas; un pequeño productor cuando posee de 3 a 9.99 hectáreas; un mediano productor de 10 a 29.99 hectáreas, y finalmente, un productor grande cuando la unidad agropecuaria posee una extensión mayor a las 30 hectáreas de terreno o superficie cosechada. De acuerdo a esta clasificación, la Figura 12 muestra la distribución a nivel provincial y distrital por tipo de productores.

Figura 12

Distribución porcentual del tipo de productores por provincia y distrito



Nota: Este gráfico muestra la distribución porcentual del tipo de productores por provincia y distrito. Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022.

¹³ Datos obtenidos de las 342 encuestas realizadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en el año 2022.

Como se puede observar, en la provincia de Huaral existe una clara predominancia de los minifundios y pequeños productores (45 y 38 por ciento del total, respectivamente), teniendo un porcentaje medio de productores medianos (16 %) y casi nulo de grandes productores en la zona (1.2 %). En tanto, la situación en la provincia de Cañete dista en cuanto a la participación porcentual de las unidades agropecuarias medianas y grandes. Si bien los minifundios (20 %) y pequeños productores (60 %) también poseen participación, los medianos productores (12 %) y grandes (8 %) ya cuentan con mayor presencia en la distribución porcentual de participación en la superficie total cosechada.

Otro aspecto de alta relevancia radica en la clasificación de árboles por edad de cada tipo de productor identificado. En la provincia de Huaral se hallaron en promedio 606 árboles por hectárea, los productores de minifundio de esta provincia registraron en promedio 590 árboles por hectárea, los pequeños productores 634 árboles por hectárea, los medianos productores 595 árboles por hectárea, y los grandes productores indicaron 507 árboles por hectárea en promedio. Asimismo, en la provincia de Cañete la cifra distaba a 643 árboles por hectárea de cultivo, teniendo los productores de minifundio 688 árboles por hectárea en promedio, los pequeños productores 637 árboles por hectárea, los medianos productores 566 árboles por hectárea, y los grandes productores registraron 698 árboles por hectárea en promedio (ver Tabla 19).

Tabla 19

Porcentaje de árboles de mandarina por categoría de edad

| Provincia | Clasificación de productores (CENAGRO 2012) | Proporción de edad de árboles por hectárea | | | | Árboles por hectárea |
|-----------|---|--|----------|-----------|-----------|----------------------|
| | | 0-2 años | 3-5 años | 6-10 años | + 10 años | |
| Huaral | Minifundio | 1% | 5% | 43% | 51% | 590 |
| | Pequeño | 1% | 5% | 28% | 67% | 634 |
| | Mediano | 1% | 8% | 40% | 51% | 595 |
| | Grande | 1% | 0% | 0% | 100% | 507 |
| Cañete | Minifundio | 0% | 5% | 63% | 32% | 688 |
| | Pequeño | 0% | 20% | 28% | 52% | 637 |
| | Mediano | 9% | 11% | 29% | 51% | 566 |
| | Grande | 0% | 43% | 14% | 43% | 698 |
| Total | | 2% | 15% | 33% | 51% | 616 |

Nota: Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022.

Por otra parte, en relación al destino de la producción según caracterización del productor, en la provincia de Huaral predomina con claridad la tendencia de los productores a destinar su producción al acopiador (95 %), seguido del destino autoconsumo (3 %) y la venta directa (1 %). En la provincia de Cañete existe una tendencia distinta en la que se balancean otros destinos como la exportación o uso industrial (42 %) y el acopiador (58 %), sobre todo en productores medianos y grandes, quienes presentaban mayor tendencia a la exportación de su producto (ver Tabla 20).

Tabla 20

Porcentaje de destino de la producción según tipo de productor

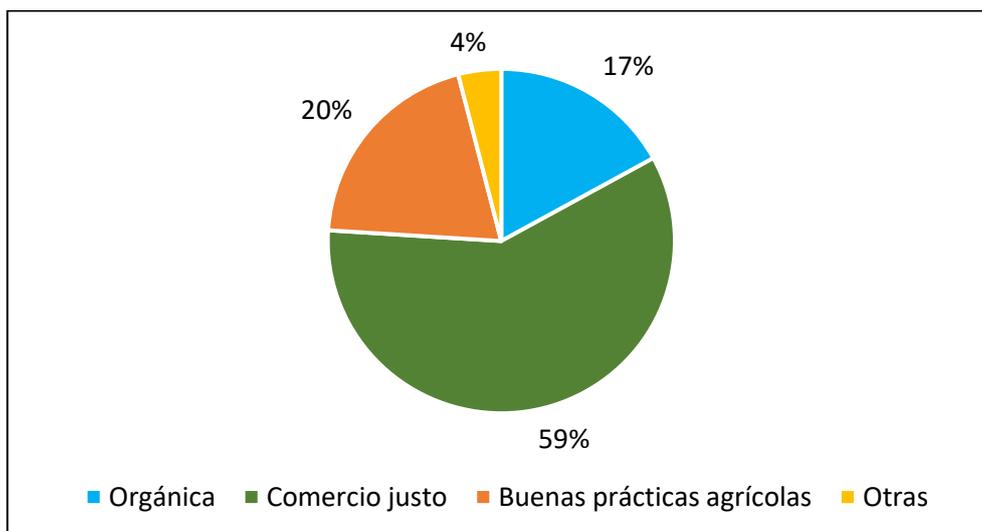
| Provincia | Productor | Autoconsumo | Almacenamiento para venta futura | Acopiador | Venta directa | Compostera |
|-----------|------------|-------------|----------------------------------|-----------|---------------|------------|
| Huaral | Minifundio | 3% | 1% | 94% | 0% | 2% |
| | Pequeño | 1% | 0% | 92% | 5% | 1% |
| | Mediano | 1% | 0% | 99% | 0% | 0% |
| | Grande | 5% | 0% | 95% | 0% | 0% |
| Cañete | Minifundio | 0% | 0% | 83% | 0% | 17% |
| | Pequeño | 0% | 0% | 76% | 0% | 24% |
| | Mediano | 0% | 0% | 41% | 0% | 59% |
| | Grande | 0% | 0% | 31% | 0% | 69% |

Fuente: Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022

En relación a las certificaciones con las que cuentan los productores de mandarina de la Costa Central, el 21 % de encuestados afirman contar con alguna certificación de calidad, de buenas prácticas agrícolas, o de producto orgánico, tal como se aprecia en la Figura 13 a continuación.

Figura 13

Porcentaje de productores que cuentan con algún tipo de certificación.



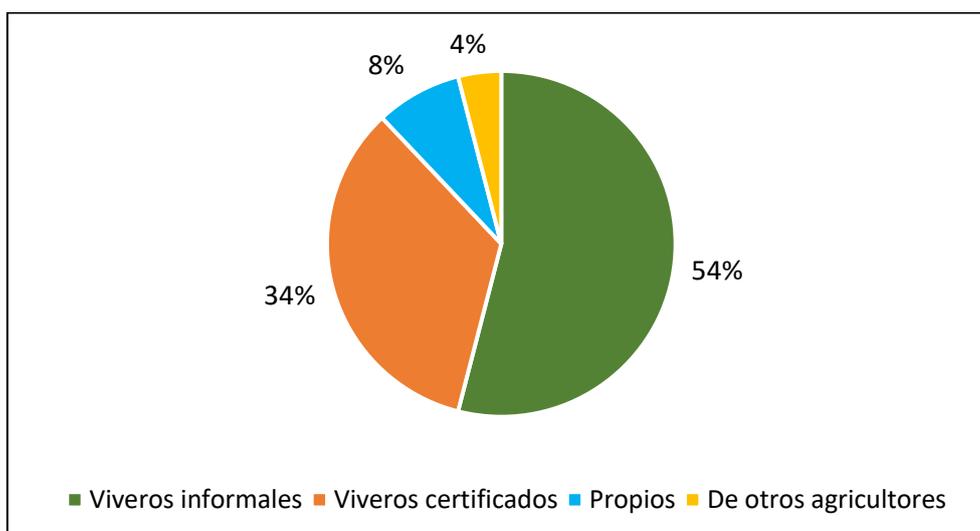
Nota: Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022.

Con respecto a la propiedad de la unidad agropecuaria, el 59 % de los productores afirman ser propietarios de la parcela donde trabajan, mientras que el 14 % indica ser posesionario y el 9 % arrendatario. Un 18 % cuenta con otra condición contractual en la unidad agropecuaria.

En cuanto al tipo de plantón de mandarina utilizado, se aprecia clara predominancia por el injerto o plantón biológicamente modificado (66 %). El plantón Satsuma es utilizado por el 30 % de productores entrevistados, dejando el 4 % a otras variedades tales como la Clementina o los híbridos. Estos plantones son adquiridos en un 51 % en viveros informales, un 38 % en viveros certificados, un 8 % son producidos por los mismos agricultores, y únicamente un 3 % se adquieren por agricultores comercializadores de plantones de mandarina (ver Figura 14).

Figura 14

Procedencia de los plántones de mandarina adquiridos por productores



Nota: Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022.

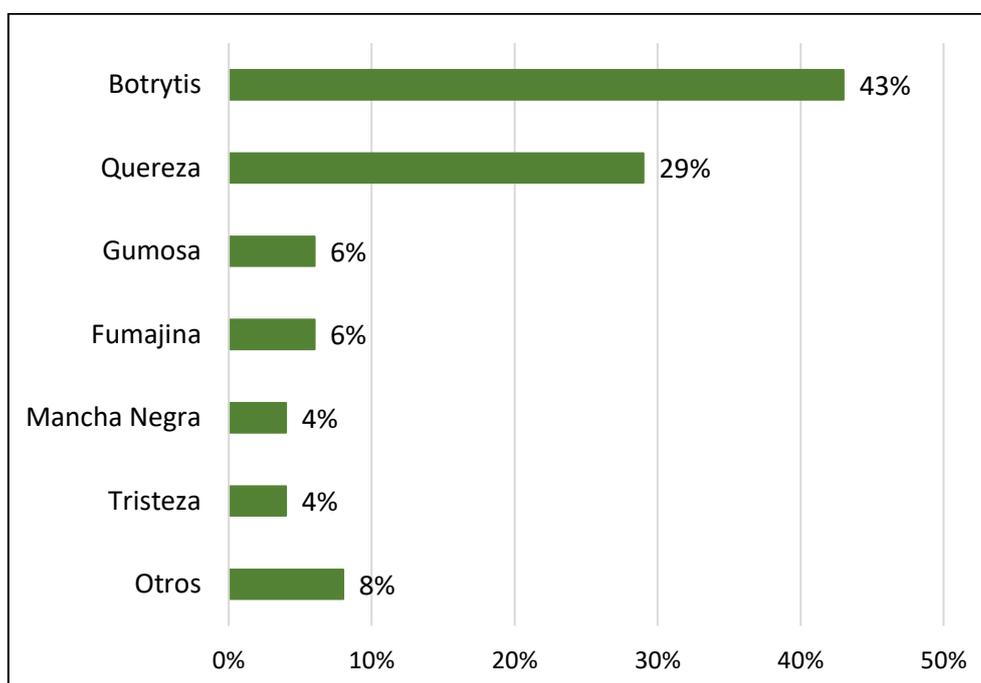
Esto refleja un alto nivel de informalidad (más del 50 %) en la compra de plántones por parte de los productores, lo que sin duda representa una potencial debilidad para la lucha contra la enfermedad del HLB.

En relación a las podas, un 95 % de los productores de mandarina en la Costa Central del Perú afirma realizar sus propias podas: el 75 % afirma realizarlas una vez al año, el 19 % dos veces al año y el 6 % de los encuestados indica realizar más de dos podas al año.

Con respecto a las enfermedades que atacan los cultivos de mandarina en Costa Central, el hongo de la Botrytis impactó a un 43 % de los productores encuestados, siendo la enfermedad de mayor presencia en cultivos de mandarina. A esta, le siguieron la Quereza con un 29 %, la Fumajina y la Gumosa, ambas con un 6 %; la Tristeza y la Mancha Negra, ambas con un 4 %, y finalmente otras enfermedades (8 %) entre las cuales se hallaron la Antracnosis y la Sarna. Para combatir estas enfermedades, el 97 % de los productores de mandarina encuestados indicaron que su principal método para el control de estas enfermedades es el control químico mediante el uso de pesticidas, insecticidas o sustancias químicas relacionadas; mientras que únicamente el 2 % optaba por la eliminación del plánton en su totalidad, y el 1 % realizaba una poda para evitar la propagación de la enfermedad en el cultivo (ver Figura 15).

Figura 15

Principales enfermedades que aquejan a las plantaciones de mandarina en la Costa Central del Perú

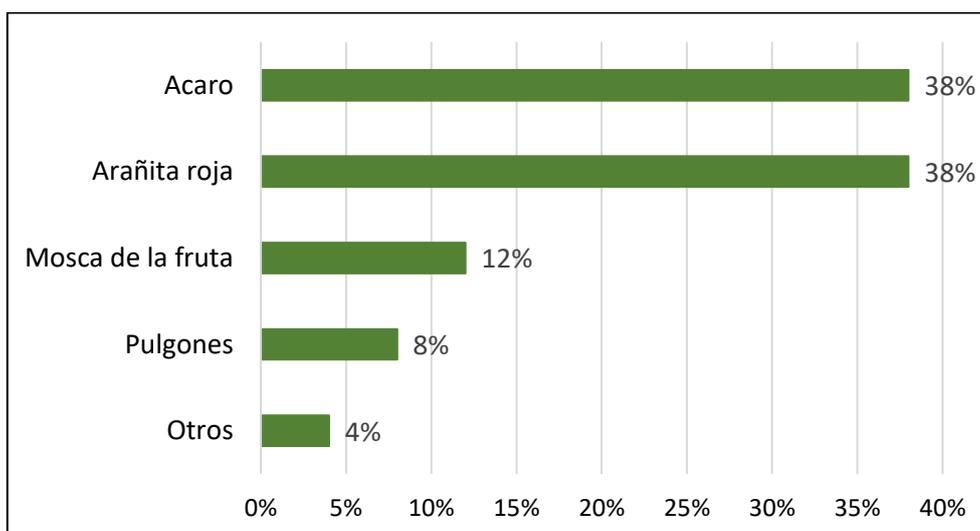


Nota: Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022.

En cuanto a las plagas que afectan a las plantaciones de mandarina en la Costa Central, el 38 % de los cultivos registrados en la encuesta realizada manifestó haber sido víctima del Acaro de la fruta, así como también otro 38 % comentó haber sufrido con la plaga de la Arañita roja; de igual manera un 13 % indicó haber sufrido la plaga de la Mosca de la fruta y el 7 % de Pulgones. Un 4 % expresó haber luchado contra otras plagas tales como el Chinche, el Picudo de los cítricos, la Hormiga o el Minado, en igual proporción con cada una de las enfermedades citadas (ver Figura 16).

Figura 16

Principales plagas que aquejan a las plantaciones de mandarina



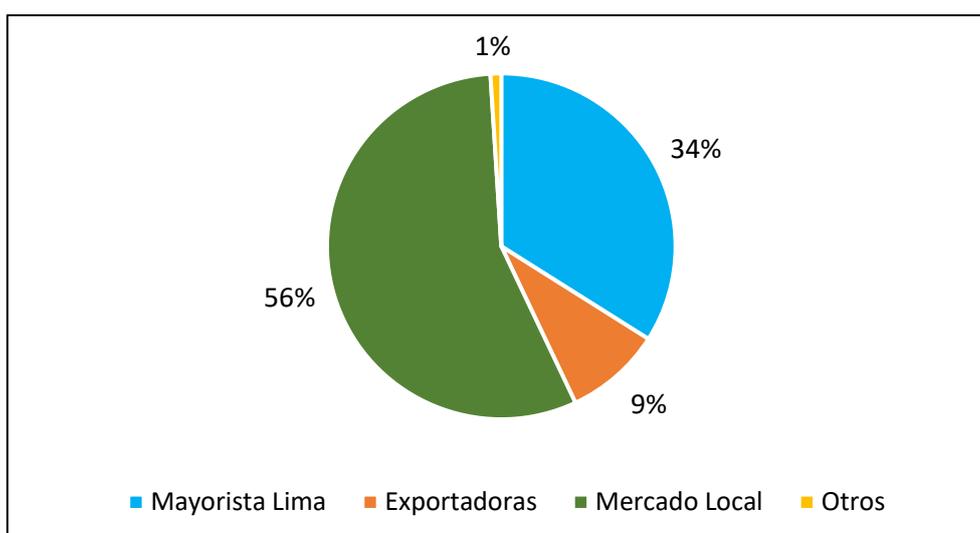
Nota: Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022.

4.1.3. Destino y comercialización

El productor de mandarina de la Costa Central indicó tres destinos principales para su producción de este cítrico: el mercado local (56 %), el mercado mayorista de Lima (34 %) y las empresas exportadoras (9 %). Solamente el 1 % de los productores encuestados indicó tener otro destino para su producción (ver Figura 17).

Figura 17

Porcentaje de destino de venta para la producción de mandarina.



Nota: Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022.

Con respecto a la forma o modalidad como se vende el producto, el 99 % de la producción de mandarina es vendida a granel o en su forma bruta, tras un corto procesamiento del fruto tras su extracción. El 1 % de la producción se destina a otras modalidades tales como jugos del cítrico o alguna otra variación.

En cuanto a la modalidad de pago, el 53 % de la venta producida se entrega a crédito entre productor y adquiriente, mientras que el 47 % se trabaja al contado, sobre todo en venta directa y a los acopiadores o mercados locales.

En torno al lugar de venta, el 98 % de la venta registrada se produce en la misma chacra donde se encuentra el plantón, y únicamente un 2 % se lleva a cabo en el centro de acopio local. Cabe señalar que la actividad comercial se desarrolla con un alto grado de movilidad y tránsito de personas en la unidad agropecuaria, así como también de mercancías, lo cual repercute como un riesgo para el ingreso y proliferación del HLB (ver Tabla 21).

Tabla 21

Porcentaje promedio de destino de venta de la producción de mandarina

| Venta a: | Como es la venta | | Modalidad de pago | | | Lugar de venta | | |
|-----------------|--------------------|-------|-------------------|---------|-------------|----------------|------------------------|------------------|
| | Mandarina a granel | Otros | Crédito | Contado | Intercambio | Chacra | Centro de acopio local | Otros (exterior) |
| Mayorista Lima | 99.2% | 0.8% | 29.5% | 70.5% | 0.0% | 96.7% | 2.5% | 0.8% |
| Exportadoras | 100.0% | 0.0% | 25.0% | 75.0% | 0.0% | 97.7% | 2.3% | 0.0% |
| Mercado Local | 100.0% | 0.0% | 22.1% | 77.9% | 0.0% | 93.7% | 5.4% | 0.9% |
| Transformadoras | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% |
| Empacadoras | 100.0% | 0.0% | 100.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 100.0% |
| Otros | 100.0% | 0.0% | 85.7% | 14.3% | 0.0% | 100.0% | 0.0% | 0.0% |

Nota: Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022.

4.2. ESCENARIO TENDENCIAL

Para recrear el escenario tendencial, aquel en el cual la producción del 2023 al 2040 se desarrolla sin contratiempos y de forma previsible en base a lo que la ciencia prospectiva permite estimar, se consideraron supuestos básicos mencionados en el apartado de metodología (sub apartado 3.5.3.1) consultado con expertos en producción de mandarinas y que incluyeron factores coyunturales como la tendencia al intercambio de cultivo por otro de mayor rentabilidad (migración de cultivo), o la alta sensibilidad a la poda de plántones de mandarina ante un evento externo que medrara la calidad del fruto, al tratarse de un cítrico de sabor dulce¹⁴.

Así, se evaluaron distintos escenarios de proyección al 2040 de la producción regional de mandarina (Lima + Ica), optando por el modelo de predicción lineal (ver Tabla 22).

Tabla 22

Modelos de predicción para el nivel de producción regional de mandarina al año 2040

| Modelo de predicción | Exponencial | Lineal | Logarítmica | Polinómica (grado 2) | Potencial |
|---|-------------|---------------|-------------|----------------------|-----------|
| Coefficiente de determinación estadística | 78.9 % | 81.5 % | 49.5 % | 77.7 % | 77.3 % |

Nota: Esta tabla muestra el coeficiente de determinación de cada modelo de predicción elaborado para la predicción del nivel productivo hacia el año 2040. Elaborado con data histórica del año 1980 al año 2022 con el programa Excel 2016.

El modelo lineal permite la recreación del primer escenario de proyección de la producción de mandarina al 2040 en la Costa Central del Perú, más específicamente en los dos departamentos que encabezan los niveles de producción de este cítrico: Lima e Ica.

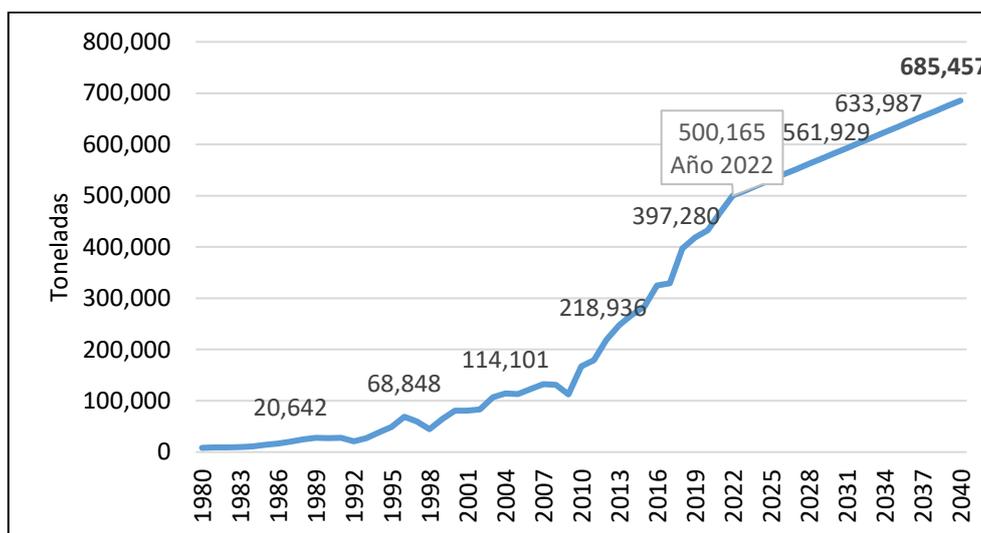
El supuesto principal para este escenario indica que la enfermedad del HLB no ingresará al Perú y la producción seguirá creciendo de forma proyectada en condiciones normales y sin eventos que perjudiquen su crecimiento (ver Tabla 23 y Figura 18).

¹⁴ La ecuación del escenario tendencial fue trabajada con expertos del ProCitrus de Perú (abril 2022), quienes validaron el comportamiento estimado de la producción de mandarina al 2040 considerando variables como el comportamiento previsible en los productores a futuro, con evidencia del 2023 de un posible estancamiento de nuevas superficies cultivadas en Costa Central, y que causaría una disminución en la tendencia de producción de mandarinas e incluso la migración a otros plántones sustitutos con mayor rentabilidad en las condiciones del mercado, tales como el palto, la pitahaya o los arándanos.

Tabla 23*Estimación de la producción de mandarina (toneladas) al 2040*

| Tiempo | Año | Producción de mandarina en Lima e Ica (toneladas) |
|--------|-------------|---|
| - | 2022 | 500,165 |
| 0 | 2023 | 510,459 |
| 1 | 2024 | 520,753 |
| 2 | 2025 | 531,047 |
| 3 | 2026 | 541,341 |
| 4 | 2027 | 551,635 |
| 5 | 2028 | 561,929 |
| 6 | 2029 | 572,223 |
| 7 | 2030 | 582,517 |
| 8 | 2031 | 592,811 |
| 9 | 2032 | 603,105 |
| 10 | 2033 | 613,399 |
| 11 | 2034 | 623,693 |
| 12 | 2035 | 633,987 |
| 13 | 2036 | 644,281 |
| 14 | 2037 | 654,575 |
| 15 | 2038 | 664,869 |
| 16 | 2039 | 675,163 |
| 17 | 2040 | 685,457 |

Nota: Elaborado con data histórica del año 1980 al año 2022 con el programa Excel 2016.

Figura 18*Producción tendencial de mandarina para el período de análisis 1980 – 2040*

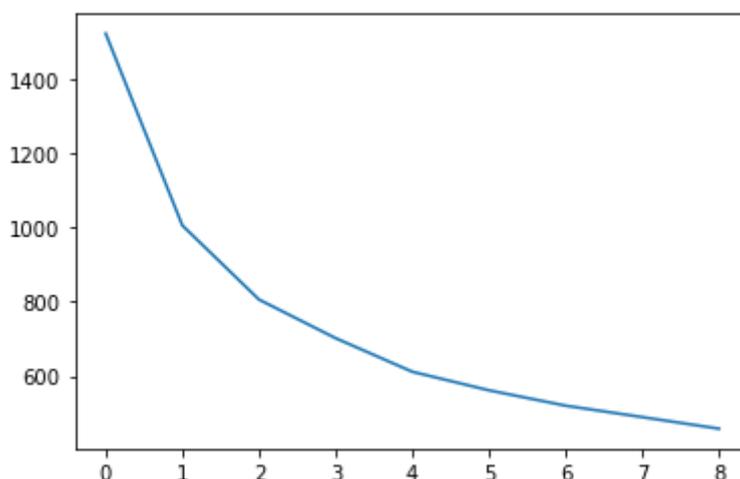
Nota: Este gráfico muestra la producción tendencial de mandarina en los Departamentos de Lima e Ica, para el período de análisis 1980 – 2040. Elaborado con data histórica del año 1980 al año 2022 con el programa Excel 2016.

4.2.1. Análisis Clúster

Un importante apartado en el análisis del escenario tendencial radica en identificar los potenciales riesgos de ingreso y propagación del HLB, específicamente en la costa central del país, ya que son estos riesgos potenciales que, de concretarse, anularían la proyección tendencial de la producción de mandarina y harían que el análisis prospectivo se enfoque en la diversidad de escenarios con HLB y la posible adopción, total o parcial, de un Programa Nacional Fitosanitario. Uno de los riesgos principales mapeados fue aquel relacionado al grado de asociatividad de los productores de mandarina en Lima e Ica, puesto que un mayor grado de asociatividad o agrupación entre productores permitiría que la contención de la enfermedad se realizara más efectivamente e incurriendo en menores costos de adopción del PNF o de control del HLB. Mediante el método del codo (Elbow Method), se identifica el número óptimo de Clusters que agrupan a todos los productores encuestados según características próximas, similitudes y comportamientos semejantes en las variables mixtas (cuantitativas y cualitativas), ante el ingreso del HLB. La estimación estadística de datos de las encuestas efectuadas se presenta en la ordenada (2, 800) que sugiere que el número de clusters óptimo es dos. El análisis cualitativo posterior muestra que, de pasar a tres clusters, el tercero contaría con muy pocos datos incluidos por lo que se confirmó dos agrupaciones de productores, con todos los datos de las variables normalizadas estadísticamente, asignando a un 63 % (215) de productores al Cluster 1 y el 37 % restante de los datos (127) al Cluster 2 (ver Figura 19).

Figura 19

Número de clusters óptimo seleccionado mediante la metodología ELBOW



Nota: Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en año 2022, mediante uso del programa estadístico Python.

En la Tabla 24 se presenta la caracterización de los clusters. Este análisis muestra clara diferencia en algunas variables tales como el promedio de días por año que el agricultor le dedica a evaluar su cultivo y realizar control de plagas, en la que las unidades incluidas en el Cluster 2 (56 días) realizan el doble de evaluaciones y controles por año que las unidades incluidas en el Cluster 1 (28 días).

De igual forma, la distancia promedio en minutos entre la unidad agropecuaria y el poblado urbano más cercano para el Cluster 1 es de 12 minutos, mientras que las unidades ubicadas en el Cluster 2 se encuentran más lejos teniendo en promedio 26 minutos de distancia con el centro poblado más cercano.

Semejante situación para la distancia promedio con la carretera principal, en la que el Cluster 1 se registra 15 minutos en promedio, mientras que el Cluster 2 presenta 33 minutos en promedio, siendo más del doble de tiempo.

Asimismo, ambos grupos presenta similitudes entre si ubicadas en las siguientes variables: en el caso del lugar de procedencia de los plántones, el Cluster 1 cuenta con el 53 % de productores que adquieren sus plántones en viveros informales, el 15 % tiene plántones propios o los consigue de otros agricultores, y solamente el 32 % los consigue en viveros certificados; mientras que el Cluster 2 registra 56 % de plántones adquiridos en viveros informales, 8 % son plántones propios y 36 % son adquiridos en viveros certificados.

Tanto en el Cluster 1 como en el Cluster 2, el porcentaje de agricultores que conocen los síntomas del HLB se mantienen por debajo del percentil 20 (18 % y 19 % respectivamente), y no realizan evaluación o control de plagas. El 12 % y 11 % de agricultores pertenece a una asociación de cítricos y únicamente el 11 % y 10 % ha participado de una charla de capacitación sobre el Huanglongbing.

En cuanto al ingreso y salida de cítricos de la UA, el Cluster 1 indicó que el 17 % si cuenta con ingresos y salidas frecuentes, mientras que en el Cluster 2 el 11 % afirmó lo mismo.

Finalmente, y no menos importante, el 91 % (Cluster 1) y 89 % (Cluster 2) indica que si estaría dispuesto a eliminar completamente sus plántones de presentarse una señal de infección.

Tabla 24*Características de clusters por atributos de riesgo ante el ingreso del HLB*

| Factores de Riesgo | Clúster 1 | | | Clúster 2 | | |
|---|---------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|--------------------|-----------------|
| Promedio de días que le dedica solo a evaluar y realizar control de plagas en la UA al año. | 28 | | | 56 | | |
| Distancia promedio en minutos entre la UA y el poblado urbano o la capital del distrito (el que se encuentre más cercano). | 12 | | | 26 | | |
| Distancia promedio en minutos entre la UA y la carretera principal. | 15 | | | 33 | | |
| Adquisición de plántones de mandarina. | Propios u otro agricultor | Vivero certificado | Vivero informal | Propios u otro agricultor | Vivero certificado | Vivero informal |
| | 15 % | 32 % | 53 % | 8 % | 36 % | 56 % |
| Conoce los síntomas del HLB. | 18 % | | | 19 % | | |
| Pertenece a alguna asociación de cítricos. | 12 % | | | 11 % | | |
| Alguna vez participó de alguna charla, capacitación o evento del Huanglongbing ¹⁵ . | 11 % | | | 10 % | | |
| Existe movimiento de entrada y salida de frutas cítricas en la UA. | 17 % | | | 11 % | | |
| Sabiendo que un árbol enfermo de HLB puede seguir produciendo, pero no posee cura, de detectarse el HLB en algún árbol de la UA el productor estaría dispuesto a eliminar la planta enferma y las plantas alrededor del árbol enfermo inmediatamente. | 91 % | | | 89 % | | |

Nota: Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022.

¹⁵ Si bien los productores afirman haber participado en alguna charla o evento del HLB, es poco probable que el tema haya sido netamente de la prevención de la enfermedad.

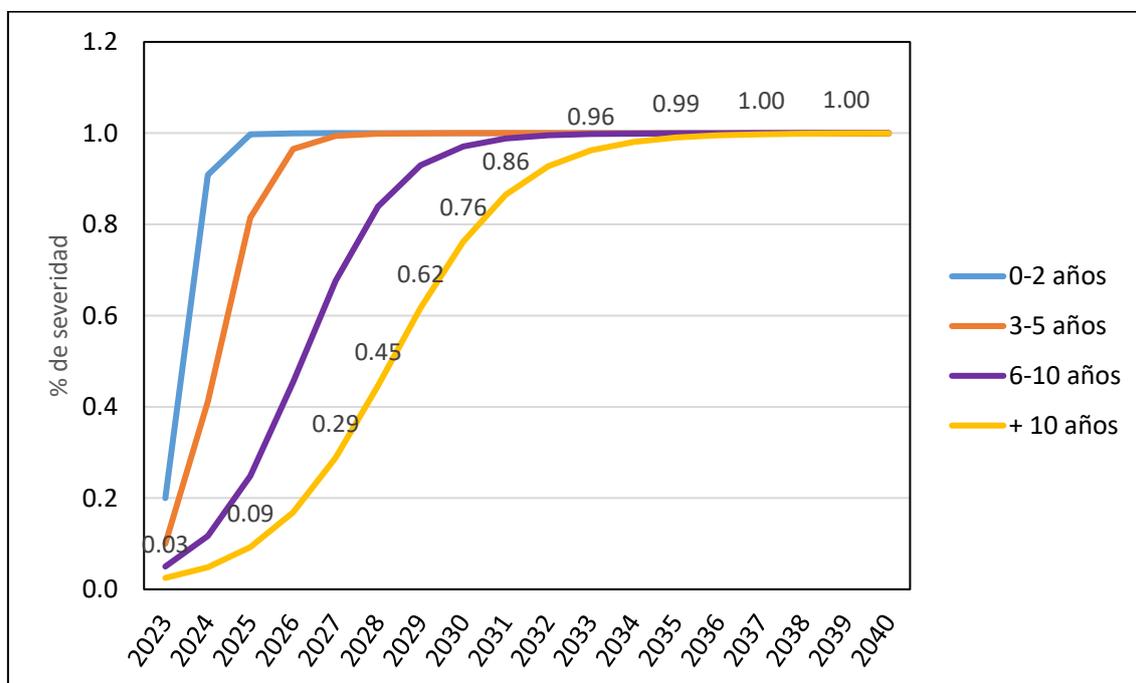
4.3. ESCENARIOS CON HLB

En concordancia con el modelo epidemiológico presentado en las ecuaciones (1), (2), (3) y (4) de la sección 3.5.4, las curvas de severidad (st), incidencia (yt), severidad total (Sn), y rendimientos con HLB (RYt) se asemejan a los resultados obtenidos en la investigación de Bassanezi & Bassanezi (2008), y Bassanezi (s.f.).

En la Figura 18 se observa la dinámica de la curva de severidad en árboles por categoría de edad. El indicador se eleva con mayor rapidez en árboles jóvenes, entre 0 y 2 años, lo que produce incluso que en un primer año de infección con la enfermedad del HLB la copa del árbol infectado se afecte en 20 %, mientras en árboles de mayor edad la infección solo recorre en 10 % o menos el primer año. Ello ayuda a concluir que, en árboles de mayor edad y resistencia, la propagación de la enfermedad y el contagio total tomará más tiempo en comparación a árboles jóvenes; en el primer caso, el total de árboles se contagiarán al 100 % el año 2036 a diferencia de árboles jóvenes que estarán totalmente infectados para el año 2025 (ver Figura 20).

Figura 20

Curvas de progreso de severidad del HLB en el cultivo

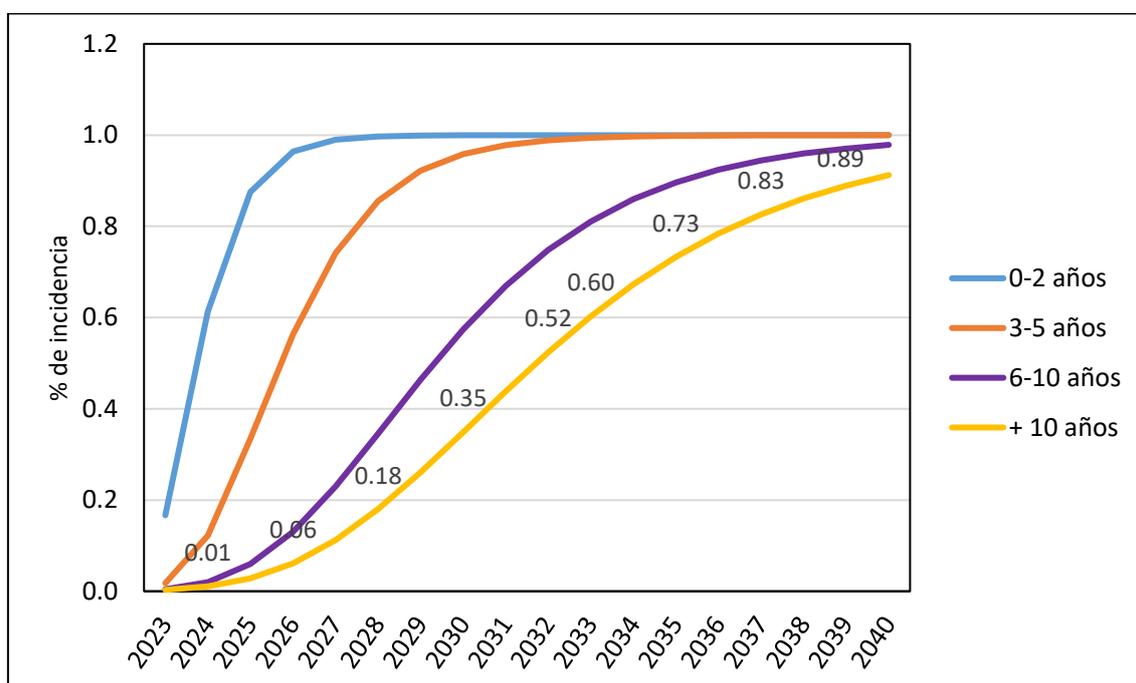


Nota: Este gráfico muestra el avance de las curvas de progreso de severidad del HLB (proporción de copa afectada del árbol) por categoría de edad de los árboles tras la aparición del primer síntoma. Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022 y el modelo epidemiológico de Bassanezi & Bassanezi (2008).

Siguiendo con el orden planteado en la metodología, las curvas de incidencia muestran la proporción de árboles sintomáticos por hectárea de superficie cosechada cuando la enfermedad es detectada por primera vez. Similar a lo visto en las curvas de severidad, los árboles de menor edad (0 a 2 años) son contagiados con mayor rapidez y propagan la enfermedad con más celeridad, llegando a alcanzar el 100 % de árboles con síntomas para el año 2028; en árboles adultos mayores a 10 años no llegan al 100 % de contagios antes de finalizar el periodo de estudio al año 2040 (ver Figura 21).

Figura 21

Curvas de progreso de incidencia del HLB en el cultivo



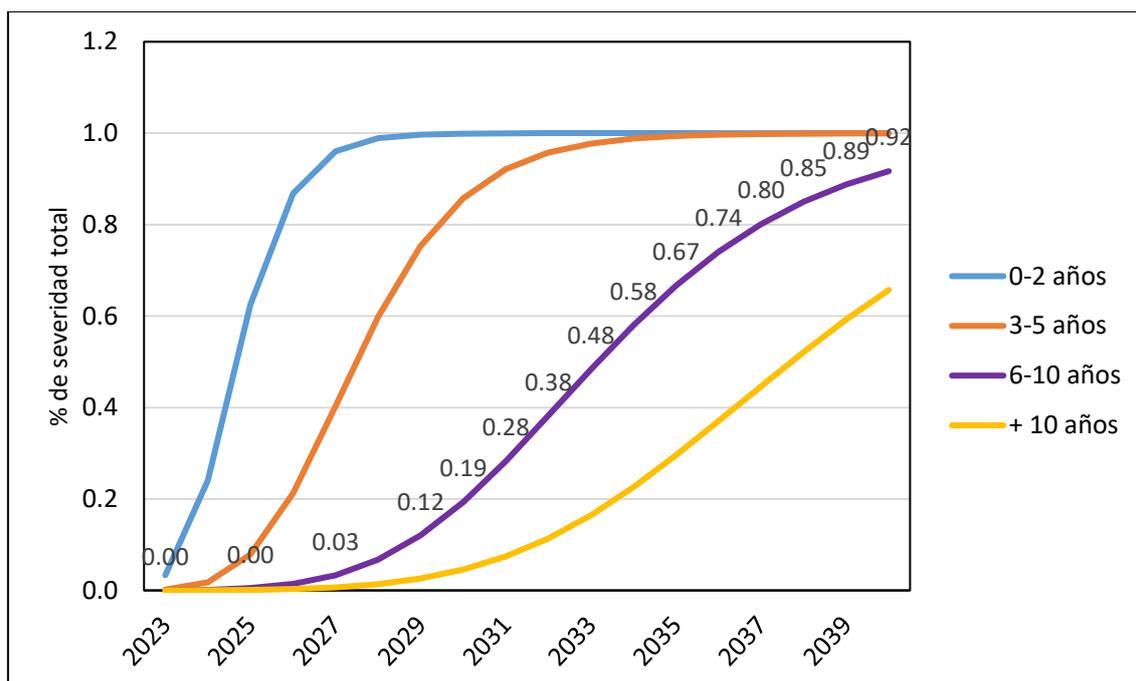
Nota: Este gráfico muestra el avance de las curvas de progreso de incidencia del HLB (proporción de árboles con sintomatología por hectárea cuando la enfermedad es detectada por primera vez). Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Hualay y Cañete en 2022 y el modelo epidemiológico de Bassanezi & Bassanezi (2008).

Habiendo considerado las variables de severidad e incidencia, se estima las curvas de severidad total por hectárea de árboles plantados, que explican la producción relativa (producción de árboles enfermos y relación con árboles sanos) y la severidad del HLB en función a la edad de las plantaciones tras la aparición del primer síntoma. Para este análisis, la categoría de árboles de 0 a 2 años alcanza el 100 % en niveles de contagio y propagación para el año 2030, mientras que los árboles de 3 a 5 años lo hacen para el año 2036, en las categorías de 6 a 10 años y mayores de 10 años llegan al 93 % y 73 % de contagio y propagación para el año 2040, respectivamente. Así, las categorías de mayor edad resultan ser menos propensas al daño del HLB y poseen mayor resistencia al avance

de la enfermedad. Para el caso de la mandarina en costa central, ello resultaría favorecedor dada la distribución de árboles por edades reflejada en la Tabla 18 (Porcentaje de árboles de mandarina por categoría de edad por hectárea a nivel productor), donde se refleja la predominancia de plantaciones mayores en torno a las plantaciones de menor edad (ver Figura 22).

Figura 22

Curvas de severidad total en una hectárea de cultivo



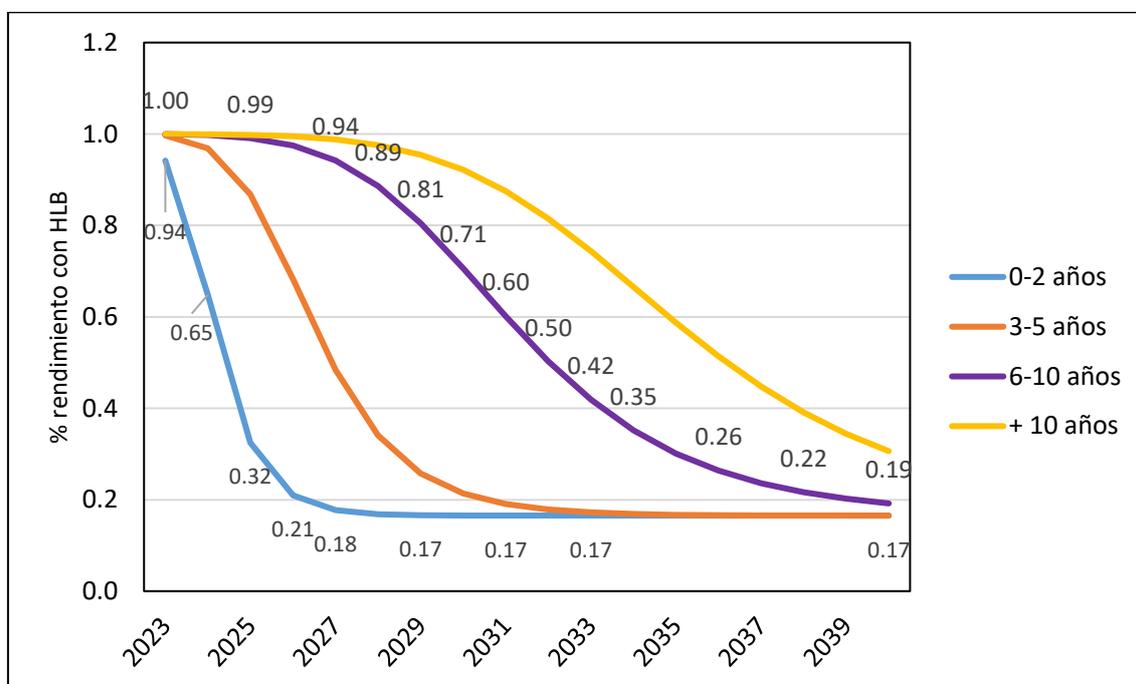
Nota: Este gráfico muestra el avance de las curvas de severidad total en una hectárea de cultivo, que reflejan la producción relativa y la severidad del HLB. Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022 y el modelo epidemiológico de Bassanezi & Bassanezi (2008).

Finalmente, estima las curvas de rendimiento con HLB. En la figura 21 se observa como la categoría de árboles de 0 a 2 años sufren el mayor descenso en su rendimiento al ser infectadas con el HLB, llegando a perder más del 80 % del rendimiento normal en cinco años de detectada la enfermedad. Los árboles de 3 a 5 años padecen en menor proporción los efectos y llegan a disminuir su rendimiento en más del 70 % para el 2030. En cuanto a los árboles de mayor edad, ese proceso es más paulatino, pero dado que, si bien el porcentaje de disminución es menor en relación a los árboles jóvenes, el rendimiento habitual promedio de un árbol mayor a 10 años supera notablemente el rendimiento de las plantaciones más jóvenes, con lo cual el ingreso bruto para el productor se vería

seriamente afectado por la baja de rendimiento en plantaciones de 6 a 10 años o mayores¹⁶ (ver Figura 23).

Figura 23

Rendimientos de producción con HLB en función a la edad de las plantaciones



Nota: Este gráfico muestra los rendimientos de producción con HLB en función a la edad de las plantaciones tras la aparición del primer síntoma. Elaborado con información de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en las provincias de Huaral y Cañete en 2022 y el modelo epidemiológico de Bassanezi & Bassanezi (2008).

4.3.1. Escenario epidemiológico (con HLB y sin PNF)

Para este escenario, se realiza la proyección de la producción al 2040 bajo un escenario epidemiológico, en el cual el HLB ingresa a la costa central en el año 2023 afectando así los cultivos de mandarinas. Si bien la producción bajo este supuesto se mantiene relativamente constante durante los dos primeros años de infección, inicia su descenso en el segundo año, a partir del 2025, y continuando con la disminución año tras año hasta el final del periodo de análisis. En comparación con el escenario tendencial, las pérdidas son cuantiosas, llegando a presentarse una disminución de la producción hasta en 78 % para el año 2040 (ver Tabla 25 y Figura 24).

¹⁶ Este dato fue recopilado en el levantamiento de información realizado en campos de cultivo en las provincias de Huaral y Cañete. En apartados posteriores se evidenciará como el rendimiento por hectárea de cultivo (Tm/Ha) es considerablemente superior en plantaciones de más de 10 años que en aquellas menores a 5 años.

Tabla 25

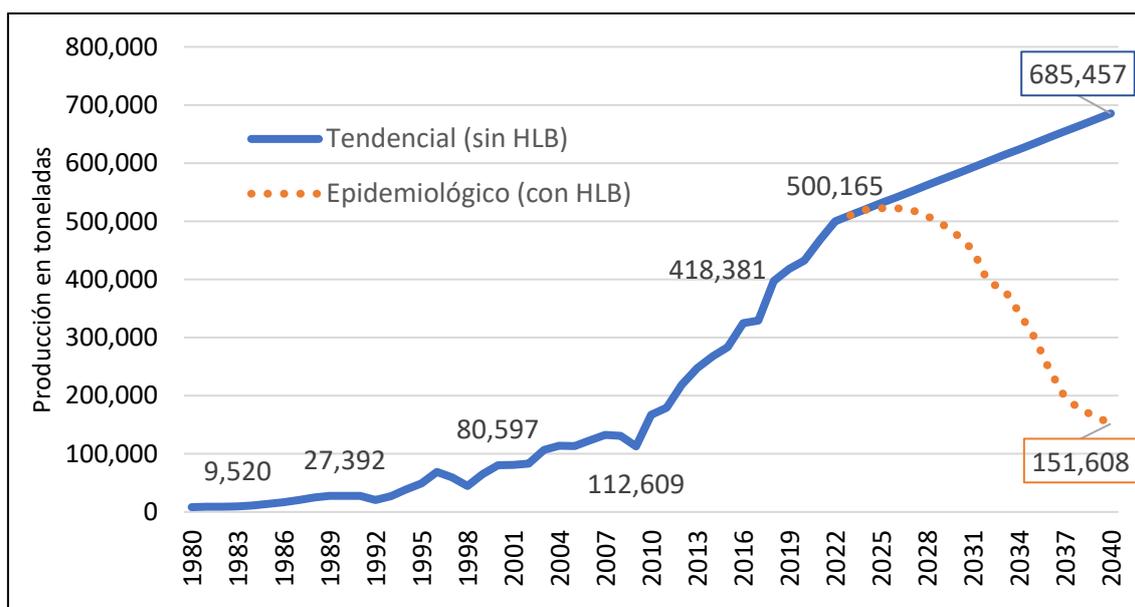
Producción tendencial, producción con escenario epidemiológico y pérdida de la producción con HLB en términos porcentuales, 2023-2040

| Año | Producción tendencial (toneladas) (1) | Producción del escenario epidemiológico (toneladas) (2) | Pérdida de producción con HLB, en porcentaje (1) – (2) |
|-------------|---------------------------------------|---|--|
| 2023 | 510,459 | 510,459 | 0% |
| 2024 | 520,753 | 519,519 | 0% |
| 2025 | 531,047 | 522,316 | 2% |
| 2026 | 541,341 | 522,577 | 3% |
| 2027 | 551,635 | 518,959 | 6% |
| 2028 | 561,929 | 509,281 | 9% |
| 2029 | 572,223 | 495,256 | 13% |
| 2030 | 582,517 | 475,897 | 18% |
| 2031 | 592,811 | 450,637 | 24% |
| 2032 | 603,105 | 394,317 | 35% |
| 2033 | 613,399 | 384,824 | 37% |
| 2034 | 623,693 | 343,495 | 45% |
| 2035 | 633,987 | 300,450 | 53% |
| 2036 | 644,281 | 244,618 | 62% |
| 2037 | 654,575 | 197,474 | 70% |
| 2038 | 664,869 | 176,590 | 73% |
| 2039 | 675,163 | 164,607 | 76% |
| 2040 | 685,457 | 151,608 | 78% |

Nota: Elaborado con datos históricos del MIDAGRI, modelo epidemiológico de Bassanezi & Bassanezi (2008) y datos de 342 aplicadas a encuestas a productores de mandarina en Lima (2022).

Figura 24.

Producción tendencial y escenario epidemiológico en toneladas, 1980-2040



Nota: Elaborado con datos históricos del MIDAGRI, modelo epidemiológico de Bassanezi & Bassanezi (2008) y datos de 342 encuestas aplicadas a productores de mandarina en Lima (2022).

4.3.2. Escenario de adopción total (con HLB y el 100 % de aplicación del PNF)

Para iniciar el análisis de los escenarios con distintos porcentajes de adopción, es necesario explicar previamente la política pública de contención y prevención.

Desde el Gobierno se ejecutan distintos proyectos y programas de inversión pública que tienen como finalidad el control, la contención y erradicación de diversas enfermedades que atacan los cultivos medrando su producción y calidad. Un claro ejemplo de esto es el Programa de Erradicación de la Mosca de la Fruta¹⁷, creado con la finalidad principal de controlar y erradicar esta plaga de los cultivos agrícolas ubicados en nueve departamentos del país.

En esta línea, la presente investigación tiene como uno de sus objetivos específicos la sustentación económica de un Programa Nacional Fitosanitario (PNF) que tenga como objetivo central el control y erradicación del Huanglongbing (HLB) en cultivos cítricos ubicados en las principales regiones o departamentos productores del país. Para cumplir con este objetivo, se realiza un análisis particular de cada caso en el que los agricultores acatan los lineamientos de este PNF bajo diversos porcentajes de adopción.

En el escenario de adopción total en el cual el 100 % de productores de mandarina de las provincias productoras de Lima e Ica adoptan el PNF, se obtuvo que el incremento en la producción de mandarina será relativamente menor a la producción tendencial, y que la pérdida total en la productividad será únicamente del 7 % al año 2040 (ver Tabla 26 y Figura 25).

¹⁷ Proyecto de Inversión Pública (PIP) denominado “Erradicación de la mosca de la fruta en los departamentos de Piura, Tumbes, Lambayeque, La Libertad, Cajamarca, Amazonas, Apurímac, Cusco y Puno” que contó con un horizonte temporal de cinco años de ejecución, con un presupuesto total asignado de 404,418,349 soles. El proyecto plantea como objetivo que los productores de los departamentos señalados accedan a servicios fitosanitarios suficientes y adecuados, libres de mosca de la fruta.

Tabla 26

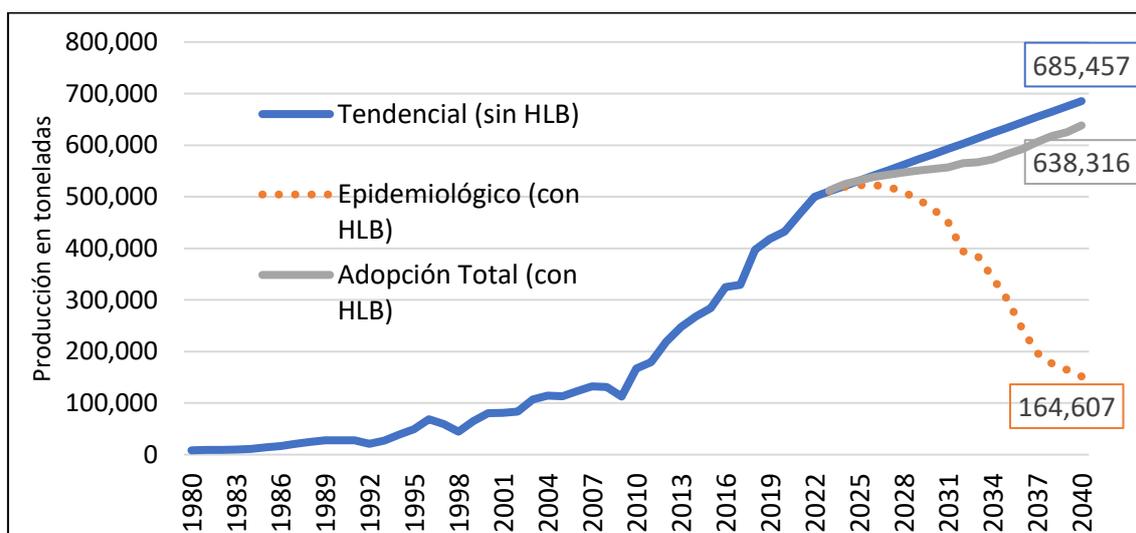
Producción tendencial sin HLB, producción con HLB, producción con PNF al 100 % estricto y pérdida porcentual de producción con HLB, 2023 – 2040

| Año | Producción tendencial sin HLB (toneladas) | Producción con HLB y sin PNF (toneladas) | Producción del escenario de adopción total (toneladas) | Pérdida de producción PNF el escenario de adopción total |
|-------------|---|--|--|--|
| 2023 | 500,165 | 500,165 | 500,165 | 0 % |
| 2024 | 510,459 | 510,459 | 510,459 | 0 % |
| 2025 | 520,753 | 519,519 | 520,553 | 0 % |
| 2026 | 531,047 | 522,316 | 530,947 | 1 % |
| 2027 | 541,341 | 522,577 | 538,444 | 2 % |
| 2028 | 551,635 | 518,959 | 542,482 | 3 % |
| 2029 | 561,929 | 509,281 | 546,852 | 4 % |
| 2030 | 572,223 | 495,256 | 550,681 | 5 % |
| 2031 | 582,517 | 475,897 | 554,077 | 6 % |
| 2032 | 592,811 | 450,637 | 557,172 | 5 % |
| 2033 | 603,105 | 394,317 | 574,838 | 8 % |
| 2034 | 613,399 | 384,824 | 562,989 | 10 % |
| 2035 | 623,693 | 343,495 | 562,375 | 11 % |
| 2036 | 633,987 | 300,450 | 563,936 | 9 % |
| 2037 | 644,281 | 244,618 | 587,336 | 5 % |
| 2038 | 654,575 | 197,474 | 621,161 | 6 % |
| 2039 | 664,869 | 176,590 | 627,903 | 7 % |
| 2040 | 675,163 | 164,607 | 624,987 | 7 % |

Nota: Elaborado con datos históricos del MIDAGRI, modelo epidemiológico de Bassanezi & Bassanezi (2008) y datos de 342 aplicadas a encuestas a productores de mandarina en Lima (2022).

Figura 25

Producción tendencial, escenario epidemiológico y escenario de adopción total en toneladas, 1980-2040



Nota: Elaborado con datos históricos del MIDAGRI, modelo epidemiológico de Bassanezi & Bassanezi (2008) y datos de 342 aplicadas a encuestas a productores de mandarina en Lima (2022).

4.3.3. Escenario de adopción parcial (con HLB y el solo un porcentaje de productores adoptan el PNF)

Para los sub escenarios de adopción parcial, los cuales se diferencian entre sí de acuerdo al nivel porcentual de adopción del PNF por parte de los productores, se encuentra que en los escenarios donde el porcentaje de adoptantes es mayor, la disminución relativa en la producción es menor a través del tiempo. Estos escenarios intermedios se ubican entre el escenario epidemiológico (con HLB y sin PNF) y el escenario de adopción total (con HLB y con PNF adoptado al 100 % de productores). Es importante señalar que estos dos escenarios son los menos plausibles de ocurrir. En torno a las pérdidas registradas, con un escenario de adopción por 25% de los productores, las pérdidas en producción alcanzan el 60 % de disminución en producción total al 2040 (ver Tabla 27 y Figura 26).

Tabla 27

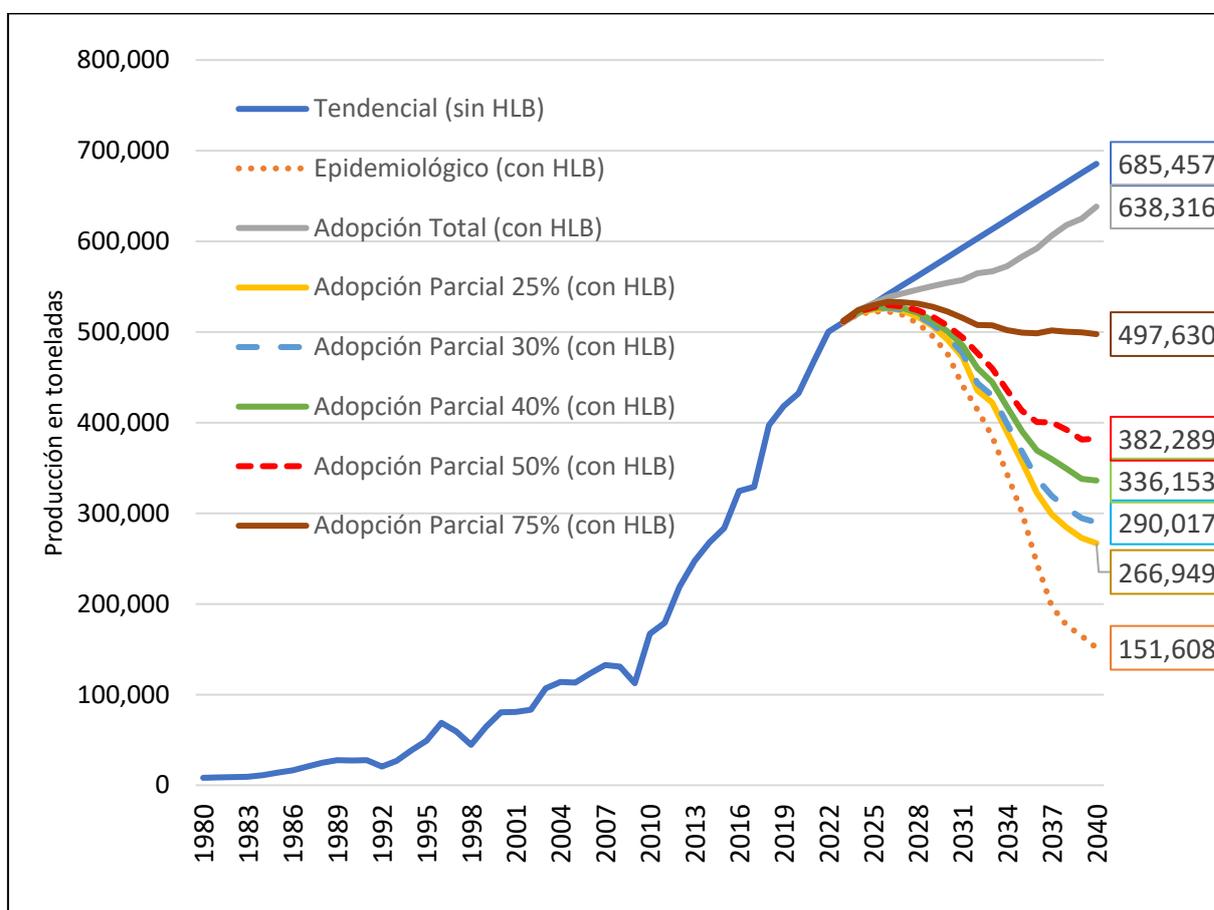
Producción tendencial y producción ante diferentes niveles de HLB

| Año | Producción tendencial sin HLB (toneladas) | Producción con adopción parcial 25 % (toneladas) | Producción con adopción parcial 30 % (toneladas) | Producción con adopción parcial 40 % (toneladas) | Producción con adopción parcial 50 % (toneladas) | Producción con adopción parcial 75 % (toneladas) |
|---|---|--|--|--|--|--|
| 2023 | 510,459 | 510,459.0 | 510,459.0 | 510,459.0 | 510,459.0 | 510,459.0 |
| 2024 | 520,753 | 519,719.1 | 520,022.9 | 520,052.9 | 520,252.9 | 520,452.9 |
| 2025 | 531,047 | 524,728.7 | 525,211.3 | 526,176.5 | 527,141.7 | 529,554.6 |
| 2026 | 541,341 | 526,150.5 | 526,865.2 | 528,294.8 | 529,724.3 | 533,298.1 |
| 2027 | 551,635 | 523,586.1 | 524,511.5 | 526,362.1 | 528,212.8 | 532,839.6 |
| 2028 | 561,929 | 516,591.9 | 518,054.1 | 520,978.4 | 523,902.8 | 531,213.7 |
| 2029 | 572,223 | 506,119.8 | 508,292.5 | 512,637.9 | 516,983.3 | 527,846.7 |
| 2030 | 582,517 | 491,472.9 | 494,588.0 | 500,818.3 | 507,048.6 | 522,624.3 |
| 2031 | 592,811 | 472,278.5 | 476,606.8 | 485,263.4 | 493,920.1 | 515,561.7 |
| 2032 | 603,105 | 435,476.8 | 443,708.8 | 460,172.8 | 476,636.8 | 517,796.9 |
| 2033 | 613,399 | 422,270.3 | 429,759.5 | 444,738.1 | 459,716.6 | 497,162.9 |
| 2034 | 623,693 | 389,708.6 | 398,951.3 | 417,436.7 | 435,922.1 | 482,135.6 |
| 2035 | 633,987 | 356,715.3 | 367,968.4 | 390,474.7 | 412,981.0 | 469,246.8 |
| 2036 | 644,281 | 322,555.8 | 338,143.3 | 369,318.4 | 400,493.5 | 478,431.1 |
| 2037 | 654,575 | 298,879.1 | 319,160.2 | 359,722.3 | 400,284.4 | 501,689.8 |
| 2038 | 664,869 | 284,438.7 | 306,008.5 | 349,148.2 | 392,287.8 | 500,136.9 |
| 2039 | 675,163 | 272,955.0 | 294,624.6 | 337,963.8 | 381,303.0 | 489,651.1 |
| 2040 | 685,457 | 266,948.5 | 290,016.7 | 336,153.0 | 382,289.4 | 497,630.3 |
| Pérdida de producción en 2040 respecto a producción sin HLB | | 61 % | 58 % | 51 % | 44 % | 27 % |

Nota: Esta tabla muestra la producción tendencial, producción con HLB tendencial, producción con PNF estricto y producción con escenarios de adopción parcial de los productores del PNF, 2023 – 2040. Elaborado con datos históricos del MIDAGRI, modelo epidemiológico de Bassanezi & Bassanezi (2008) y datos de 342 aplicadas a encuestas a productores de mandarina en Lima (2022).

Figura 26

Producción tendencial, escenario epidemiológico, escenario de adopción total y escenarios de adopción parcial en toneladas, 1980-2040



Nota: Elaborado con datos históricos del MIDAGRI, modelo epidemiológico de Bassanezi & Bassanezi (2008) y datos de 342 aplicadas a encuestas a productores de mandarina en Lima (2022).

4.4. ANÁLISIS BENEFICIO COSTO

4.4.1. Costo de producción en el tiempo

Una parte importante del trabajo realizado en campo fue la toma de encuestas de costos a productores de mandarina en Huaral y Cañete a fin de determinar el costo de instalación para una hectárea de mandarina (con dos años como periodo de instalación) y el costo de mantenimiento de dicha hectárea.

De acuerdo a los datos recopilados, se obtiene que para una hectárea de mandarina los costos promedios de instalación ascienden a 20,120.33 soles y los costos promedios de mantenimiento 12,361.18 soles por año. Considerando el supuesto que en una hectárea de cultivo habría 616 árboles de mandarina, siendo el costo de instalación por árbol de

32.7 soles (año 2022). Este dato indica que los costos tendenciales para el periodo 2023 – 2040 variarán de acuerdo a la configuración de árboles por edad que exista en cada periodo de tiempo. Con referencia a las plantaciones de 0 a 2 años (que requieren de costos de instalación); este es el componente variable ya que los costos de mantenimiento se mantienen constantes a lo largo de cada periodo de análisis. Cabe señalar que los costos del escenario tendencial y del epidemiológico son iguales, puesto que en ninguno de los dos casos se incurrirá en costos adicionales por la implementación del PNF en cultivos de mandarina (ver Tabla 28).

Tabla 28

Costos de producción total, costos de instalación y costos de mantenimiento para escenario tendencial y escenario epidemiológico por Ha (soles)

| Año | Costo de instalación de árboles de 0-2 años (en soles) (a) | Costo de mantenimiento de una ha (en soles) (b) | Costo total por ha (en soles) (a)+(b) |
|-------------|---|--|--|
| 2023 | 1,371.84 | 1,2361.18 | 13,733.02 |
| 2024 | 2,547.70 | 1,2361.18 | 14,908.89 |
| 2025 | 3,086.64 | 1,2361.18 | 15,447.83 |
| 2026 | 3,490.85 | 1,2361.18 | 15,852.03 |
| 2027 | 3,794.00 | 1,2361.18 | 16,155.18 |
| 2028 | 4,021.36 | 1,2361.18 | 16,382.55 |
| 2029 | 4,191.88 | 1,2361.18 | 16,553.07 |
| 2030 | 4,319.78 | 1,2361.18 | 16,680.96 |
| 2031 | 4,415.70 | 1,2361.18 | 16,776.88 |
| 2032 | 4,487.64 | 1,2361.18 | 16,848.82 |
| 2033 | 4,541.59 | 1,2361.18 | 16,902.77 |
| 2034 | 5,511.52 | 1,2361.18 | 17,872.70 |
| 2035 | 6,103.77 | 1,2361.18 | 18,464.96 |
| 2036 | 6,429.30 | 1,2361.18 | 18,790.49 |
| 2037 | 6,570.31 | 1,2361.18 | 18,931.49 |
| 2038 | 6,588.95 | 1,2361.18 | 18,950.13 |
| 2039 | 6,532.17 | 1,2361.18 | 18,893.35 |
| 2040 | 6,434.75 | 1,2361.18 | 18,795.93 |

Nota: Elaborado con datos de 342 aplicadas a encuestas a productores de mandarina en Lima (2022).

La variación de costos de producción adicionales de los escenarios con HLB, tanto de adopción total y de adopción parcial de productores del PNF, se calculan con la misma lógica del escenario tendencial utilizando las respectivas tablas de variación del número de árboles estimados en una hectárea según categoría de edades a través del tiempo. Sin embargo, estos escenarios de adopción total y adopción parcial incurren en costos

adicionales debido a la remoción de plantas enfermas por control, inspección y otros relacionados.

Debido a que en el año 2023 recién se registraría el ingreso del vector al Perú, se tomó como referencia el estudio de Miranda Galvão, Adami Oliveira, & Bassanezi Beozzo (2012) para esbozar una escala de porcentajes de incremento de costos de producción debido al manejo y control del HLB. Los autores plantean que un nivel de control bajo¹⁸ del HLB incrementaría los costos en 14.6 %, un control medio¹⁹ lo haría en 36.2 % y un esquema de control alto²⁰ incrementaría los costos en 67.3 % (ver Tablas 29, 30 y 31).

Tabla 29

Costos totales de producción con control bajo del HLB para escenarios de adopción parcial y total por hectárea 2023 – 2040 (soles)

| Año | Costo total escenario adopción parcial 25 % (Soles) | Costo total escenario adopción parcial 30 % (Soles) | Costo total escenario adopción parcial 40 % (Soles) | Costo total escenario adopción parcial 50 % (Soles) | Costo total escenario adopción parcial 75 % (Soles) | Costo total escenario adopción total 100 % (Soles) |
|-------------|---|---|---|---|---|--|
| 2023 | 14,364.0 | 14,490.2 | 14,742.6 | 14,994.9 | 15,625.9 | 16,083.9 |
| 2024 | 15,712.5 | 15,873.2 | 16,194.6 | 16,516.0 | 17,319.6 | 17,777.3 |
| 2025 | 16,335.9 | 16,513.5 | 16,868.8 | 17,224.0 | 18,112.1 | 18,567.9 |
| 2026 | 16,803.5 | 16,993.8 | 17,374.4 | 17,755.0 | 18,706.5 | 19,160.8 |
| 2027 | 17,154.2 | 17,354.0 | 17,753.6 | 18,153.2 | 19,152.3 | 19,605.5 |
| 2028 | 17,417.2 | 17,624.2 | 18,038.0 | 18,451.9 | 19,486.6 | 19,939.0 |
| 2029 | 17,614.5 | 17,826.8 | 18,251.4 | 18,675.9 | 19,737.4 | 20,189.1 |
| 2030 | 17,762.5 | 17,978.7 | 18,411.3 | 18,843.9 | 19,925.4 | 20,376.7 |
| 2031 | 17,873.4 | 18,092.7 | 18,531.3 | 18,969.9 | 20,066.5 | 20,517.4 |
| 2032 | 17,956.6 | 18,178.2 | 18,621.3 | 19,064.5 | 20,172.3 | 20,623.0 |
| 2033 | 18,019.1 | 18,242.3 | 18,688.8 | 19,135.3 | 20,251.6 | 20,702.1 |
| 2034 | 18,939.2 | 19,152.5 | 19,579.1 | 20,005.7 | 21,072.3 | 21,586.6 |
| 2035 | 19,494.1 | 19,699.9 | 20,111.6 | 20,523.2 | 21,552.3 | 22,107.9 |
| 2036 | 19,792.3 | 19,992.7 | 20,393.5 | 20,794.2 | 21,796.1 | 22,376.6 |
| 2037 | 19,914.4 | 20,111.0 | 20,504.2 | 20,897.3 | 21,880.3 | 22,474.0 |
| 2038 | 19,920.8 | 20,115.0 | 20,503.3 | 20,891.5 | 21,862.2 | 22,460.9 |
| 2039 | 19,857.1 | 20,049.8 | 20,435.3 | 20,820.8 | 21,784.5 | 22,382.7 |
| 2040 | 19,756.6 | 19,948.7 | 20,332.9 | 20,717.2 | 21,677.8 | 22,272.3 |

Nota: Elaborado con datos de 342 encuestas a productores de mandarina en Lima (2022) y Miranda Galvão, Adami Oliveira, & Bassanezi Beozzo (2012).

¹⁸ Un control bajo se traduce a actividades austeras para inspección y monitoreo del HLB.

¹⁹ Un control medio se conformaría por los costos adicionales de inspección y monitoreo del HLB.

²⁰ Un control alto implica el mayor costo posible al implementar un mayor número de inspecciones y monitoreos del HLB que en los otros dos niveles de control.

Tabla 30

Costos totales de producción con control medio del HLB para escenarios de adopción parcial y total por hectárea 2023 – 2040 (soles)

| Año | Costo total escenario adopción parcial 25 % (Soles) | Costo total escenario adopción parcial 30 % (Soles) | Costo total escenario adopción parcial 40 % (Soles) | Costo total escenario adopción parcial 50 % (Soles) | Costo total escenario adopción parcial 75 % (Soles) | Costo total escenario adopción total 100 % (Soles) |
|-------------|---|---|---|---|---|--|
| 2023 | 15,130.0 | 15,409.4 | 15,968.2 | 16,527.0 | 17,924.0 | 19,115.4 |
| 2024 | 16,566.4 | 16,897.9 | 17,561.0 | 18,224.0 | 19,881.5 | 21,128.0 |
| 2025 | 17,231.2 | 17,587.9 | 18,301.3 | 19,014.6 | 20,798.0 | 22,067.6 |
| 2026 | 17,729.8 | 18,105.4 | 18,856.5 | 19,607.6 | 21,485.4 | 22,772.3 |
| 2027 | 18,103.8 | 18,493.5 | 19,272.9 | 20,052.3 | 22,000.9 | 23,300.8 |
| 2028 | 18,384.2 | 18,784.5 | 19,585.2 | 20,385.9 | 22,387.5 | 23,697.1 |
| 2029 | 18,594.5 | 19,002.8 | 19,819.4 | 20,636.0 | 22,677.5 | 23,994.4 |
| 2030 | 18,752.3 | 19,166.6 | 19,995.1 | 20,823.7 | 22,895.0 | 24,217.4 |
| 2031 | 18,870.6 | 19,289.4 | 20,126.9 | 20,964.4 | 23,058.1 | 24,384.6 |
| 2032 | 18,959.4 | 19,381.5 | 20,225.7 | 21,069.9 | 23,180.4 | 24,510.0 |
| 2033 | 19,025.9 | 19,450.5 | 20,299.8 | 21,149.1 | 23,272.2 | 24,604.1 |
| 2034 | 19,982.4 | 20,404.4 | 21,248.2 | 22,092.1 | 24,201.8 | 25,655.2 |
| 2035 | 20,558.1 | 20,976.8 | 21,814.0 | 22,651.3 | 24,744.5 | 26,274.9 |
| 2036 | 20,866.6 | 21,281.8 | 22,112.3 | 22,942.7 | 25,018.8 | 26,594.2 |
| 2037 | 20,991.7 | 21,403.8 | 22,227.9 | 23,052.0 | 25,112.2 | 26,709.9 |
| 2038 | 20,996.7 | 21,406.1 | 22,224.7 | 23,043.3 | 25,089.9 | 26,694.4 |
| 2039 | 20,929.0 | 21,336.1 | 22,150.3 | 22,964.6 | 25,000.2 | 26,601.5 |
| 2040 | 20,823.3 | 21,228.8 | 22,039.7 | 22,850.7 | 24,878.0 | 26,470.3 |

Nota: Elaborado con datos de 342 encuestas a productores de mandarina en Lima (2022) y Miranda Galvão, Adami Oliveira, & Bassanezi Beozzo (2012).

Tabla 31

Costos totales de producción con control alto del HLB para escenarios de adopción parcial y total por hectárea 2023 – 2040 (soles)

| Año | Costo total escenario adopción parcial 25 % (Soles) | Costo total escenario adopción parcial 30 % (Soles) | Costo total escenario adopción parcial 40 % (Soles) | Costo total escenario adopción parcial 50 % (Soles) | Costo total escenario adopción parcial 75 % (Soles) | Costo total escenario adopción total 100 % (Soles) |
|-------------|---|---|---|---|---|--|
| 2023 | 16,232.2 | 16,732.1 | 17,731.8 | 18,731.5 | 21,230.7 | 23,477.5 |
| 2024 | 17,795.2 | 18,372.5 | 19,527.0 | 20,681.5 | 23,567.8 | 25,949.3 |
| 2025 | 18,519.5 | 19,133.8 | 20,362.4 | 21,591.1 | 24,662.7 | 27,103.3 |
| 2026 | 19,062.6 | 19,704.8 | 20,989.0 | 22,273.3 | 25,483.9 | 27,968.7 |
| 2027 | 19,470.0 | 20,133.0 | 21,458.9 | 22,784.9 | 26,099.7 | 28,617.8 |
| 2028 | 19,775.6 | 20,454.2 | 21,811.4 | 23,168.6 | 26,561.6 | 29,104.7 |
| 2029 | 20,004.7 | 20,695.1 | 22,075.7 | 23,456.4 | 26,908.1 | 29,469.8 |
| 2030 | 20,176.6 | 20,875.7 | 22,274.0 | 23,672.2 | 27,167.9 | 29,743.6 |
| 2031 | 20,305.5 | 21,011.2 | 22,422.7 | 23,834.1 | 27,362.7 | 29,949.0 |
| 2032 | 20,402.2 | 21,112.8 | 22,534.2 | 23,955.5 | 27,508.9 | 30,103.1 |
| 2033 | 20,474.7 | 21,189.1 | 22,617.8 | 24,046.6 | 27,618.5 | 30,218.6 |
| 2034 | 21,483.4 | 22,205.6 | 23,649.9 | 25,094.2 | 28,704.9 | 31,509.6 |
| 2035 | 22,089.2 | 22,814.0 | 24,263.7 | 25,713.4 | 29,337.6 | 32,270.6 |
| 2036 | 22,412.3 | 23,136.7 | 24,585.4 | 26,034.2 | 29,656.0 | 32,662.8 |
| 2037 | 22,541.9 | 23,264.0 | 24,708.1 | 26,152.3 | 29,762.7 | 32,804.9 |
| 2038 | 22,544.8 | 23,263.8 | 24,701.7 | 26,139.5 | 29,734.2 | 32,785.9 |
| 2039 | 22,471.3 | 23,186.9 | 24,618.1 | 26,049.3 | 29,627.3 | 32,671.8 |
| 2040 | 22,358.2 | 23,070.7 | 24,495.6 | 25,920.5 | 29,482.7 | 32,510.6 |

Nota: Elaborado con datos de 342 encuestas a productores de mandarina en Lima (2022) y Miranda Galvão, Adami Oliveira, & Bassanezi Beozzo (2012).

4.4.2. Coeficientes de costos y jornales en la cadena productiva directa de la mandarina

Para el cálculo de pérdidas de producción y jornales en la cadena productiva directa de la mandarina en los Departamentos de Lima e Ica, se utilizó el flujo de mandarina de la Costa Central en la cadena productiva directa que se presenta en la Figura 27.

Tabla 32

Indicadores técnicos de costos para 10 TM de producción de mandarina, generación de valores y jornales directos en la cadena productiva directa de mandarina (valores en soles actualizados en 2023)

| | Actividad | TM de mandarina fresca | Actor o agente productivo | Margen de beneficio (soles/TM) | Número jornales generados | Valor del jornal en soles | Valor total en soles |
|-----|---|------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| a. | Producción (cultivo de mandarina) | 10.000 | Jornaleros | | 80.94 | 50 | 4,047.00 |
| b. | Acopio de mandarina | 10.000 | Acopiador | | 5.40 | 50 | 270.00 |
| c. | Transporte rural | 10.000 | Conductor | | 0.66 | 50 | 33.00 |
| d. | Actividad de empaque | 9.400 | | | | | |
| d.1 | Empaque (operarios) | 9.400 | Jornales | | 18.8 | 50 | 940.00 |
| d.2 | Empaque de empresa para mercado interno (78 % del total, 20 % de margen atribuido a la empacadora, 0.15 soles por kg) | 7.800 | Empresa | 146.78 | | | 1,144.88 |
| d.3 | Empaque de Empresa para exportación (16% del total, 20% de margen de comercio, 0.12US\$/kg, TC 3.70 soles por 1 US\$) | 1.600 | Empresa | 206.27 | | | 763.20 |
| e. | Estiba a camión | 9.400 | Jornaleros | | 2.35 | 50 | 117.50 |
| f. | Transporte de Cañete y Huaral hacia Lima | 7.800 | Conductor | | 0.65 | 115 | 74.75 |
| g. | Desestiba en Lima | 7.500 | Jornaleros | | 1.88 | 146.78 | 275.95 |
| h. | Comercio mayorista | 7.500 | | | | | |
| h.1 | Ayudantes del mayorista | 7.500 | Ayudantes | | 1.50 | 110.09 | 165.14 |
| h.2 | Agente Mayorista (75% del total, margen 20% del valor de compra equivalentes a 0.16 sol por kg) menos costo del ayudante. | 7.500 | Mayorista | 195.71 | | | 1,467.83 |
| i. | Procesadoras | 0.200 | | | | | |
| i.1 | Procesadoras de mandarina | 0.200 | Jornaleros | | 0.20 | 50 | 10.00 |
| i.2 | Empresa transformadora (2% del total, 20% de margen de comercio 0.17US\$ por kg, TC 3.70 soles por 1 US\$), de mandarinas. | 0.200 | Empresa | 675.82 | | | 135.16 |
| j. | Exportación | 1.600 | | | | | |
| j.1 | Transporte de Cañete, Huaral y Chincha al Puerto del Callao, mandarina fresca. | 1.600 | Conductor | | 0.13 | 146.78 | 19.08 |
| j.2 | Empresa exportadora de mandarinas en fresco (2% del total, 20% de margen de comercio, 0.17US\$ por kg, TC 3.70 soles por 1 US\$). | 1.600 | Empresa | 675.82 | | | 1,081.31 |
| k. | Mercado Regional | 0.300 | | | | | |
| k.1 | Mandarina fresca destinado al mercado regional de Lima | 0.300 | Vendedor regional | | 2.00 | 50 | 100.00 |
| k.2 | Transporte de empacadora de Lima al mercado regional | 0.300 | Conductor | | 0.10 | 114.98 | 11.50 |
| | Total, generado por 10 TM de mandarinas en jornales y valores (en soles) | 10.000 | | | 114.61 | | 10,656.30 |

Nota: Recuperado de estudio “Evaluación de potenciales pérdidas económicas en la cadena de cítricos por el ingreso de la enfermedad Huanglongbing (HLB) en el Perú”; documento sin publicar, IICA 2018 y actualizado en marzo del 2023 con tipo de cambio actual (3.70 S/. por US\$) y porcentaje de inflación acumulada de 22.32% (periodo 2017 – 2022).

La Tabla 33 presenta la pérdida de producción por escenarios con la enfermedad del HLB y la existencia del PNF, calculado en comparación con la producción del escenario tendencial con respecto a la producción obtenida en los otros escenarios de adopción parcial (25 %, 30 %, 40 %, 50 % y 75 %), y el escenario de adopción total (100 %).

Tabla 33

Pérdida de producción en escenarios de adopción parcial y adopción total en relación a escenario de producción tendencial (sin HLB)

| Años | Diferencia producción (en TM) | | | | | |
|-------------|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| | Adopción 25 % | Adopción 30 % | Adopción 40 % | Adopción 50 % | Adopción 75 % | Adopción 100 % |
| 2023 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2024 | 1,033.8 | 730.0 | 700.0 | 500.0 | 300.0 | 200.0 |
| 2025 | 8,731.2 | 6,835.6 | 4,870.4 | 3,905.2 | 1,492.2 | 100.0 |
| 2026 | 15,190.4 | 14,475.7 | 13,046.1 | 11,616.6 | 8,042.8 | 2,897.3 |
| 2027 | 28,048.8 | 27,123.4 | 25,272.7 | 23,422.0 | 18,795.3 | 9,153.1 |
| 2028 | 45,337.0 | 43,874.8 | 40,950.4 | 38,026.1 | 30,715.2 | 15,077.2 |
| 2029 | 66,103.1 | 63,930.4 | 59,585.0 | 55,239.6 | 44,376.1 | 21,542.2 |
| 2030 | 91,044.0 | 87,928.9 | 81,698.6 | 75,468.3 | 59,892.5 | 28,439.4 |
| 2031 | 120,532.4 | 116,204.1 | 107,547.4 | 98,890.8 | 77,249.2 | 35,639.2 |
| 2032 | 167,628.1 | 159,396.1 | 142,932.1 | 126,468.0 | 85,308.0 | 28,267.0 |
| 2033 | 191,128.6 | 183,639.3 | 168,660.8 | 153,682.3 | 116,236.0 | 50,409.8 |
| 2034 | 233,984.2 | 224,741.6 | 206,256.2 | 187,770.8 | 141,557.3 | 61,317.8 |
| 2035 | 277,271.6 | 266,018.4 | 243,512.1 | 221,005.8 | 164,740.1 | 70,050.8 |
| 2036 | 321,725.1 | 306,137.5 | 274,962.5 | 243,787.4 | 165,849.7 | 56,944.8 |
| 2037 | 355,695.8 | 335,414.7 | 294,852.6 | 254,290.4 | 152,885.1 | 33,414.1 |
| 2038 | 380,430.2 | 358,860.3 | 315,720.7 | 272,581.1 | 164,732.0 | 36,966.3 |
| 2039 | 402,207.9 | 380,538.3 | 337,199.1 | 293,859.9 | 185,511.8 | 50,175.7 |
| 2040 | 418,508.4 | 395,440.2 | 349,303.8 | 303,167.5 | 187,826.6 | 47,140.5 |

Nota: Elaborado con datos de 342 encuestas a productores de mandarina en Lima (2022) y Miranda Galvão *et al.* (2012).

Con ello, las pérdidas en la producción de mandarina proyectadas del año 2023 al 2040 fueron estimadas en VBP²¹ para cada escenario estudiado con precios futuros estimados aplicando una tasa de crecimiento anual²², lo que genera un Valor Actual Neto (VAN) al año 2023 (año de evaluación de la relación Beneficio – Costo (B/C), con tasas de descuento del 8 %²³).

²¹ Valor Bruto de la Producción

²² Los precios futuros se calculan evaluando la tasa promedio de crecimiento histórica de los últimos 15 años (2007 – 2022) y proyectando hasta el 2040 con un modelo de predicción exponencial de $R^2 = 87.55$

²³ La tasa social de descuento del 8 % es utilizada por el Gobierno para evaluar su potencial intervención en proyectos de inversión pública o proyectos sociales

Para el escenario de adopción parcial al 25 % de productores que adoptan el PNF, el valor actual es S/ 1,389,007,541.71; al 30 % de adopción parcial es de S/ 1,322,645,522.99; al 40 % de adopción parcial es S/ 1,191,631,898.86; al 50 % de adopción parcial S/ 1,061,554,996.78; al 75 % de adopción parcial es S/ 736,362,741.57; y al 100 % de adopción parcial es S/ 265,653,212.75 (ver Tabla 34).

Tabla 34

Estimación de ingresos por pérdidas evitadas de producción por escenarios de adopción parcial y adopción total con HLB (en soles 2023)

| Año | Precio al productor S/ por kilo | Ingreso por pérdidas evitadas de producción (en soles) | | | | | |
|------------------|---------------------------------|--|------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| | | Adopción 25 % | Adopción 30 % | Adopción 40 % | Adopción 50 % | Adopción 75 % | Adopción 100 % |
| 2023 | 1.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2024 | 1.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2025 | 1.18 | 10,302,785.56 | 8,066,008.66 | 5,747,083.02 | 4,608,157.39 | 1,760,843.31 | 0.00 |
| 2026 | 1.18 | 17,940,589.75 | 17,096,417.78 | 15,408,073.83 | 13,719,729.87 | 9,498,869.99 | 3,421,821.66 |
| 2027 | 1.19 | 33,367,370.42 | 32,266,562.47 | 30,064,946.56 | 27,863,330.66 | 22,359,290.90 | 10,888,712.00 |
| 2028 | 1.20 | 54,307,790.47 | 52,556,293.86 | 49,053,300.64 | 45,550,307.42 | 36,792,824.37 | 18,060,579.08 |
| 2029 | 1.21 | 79,708,378.39 | 77,088,504.19 | 71,848,755.78 | 66,609,007.38 | 53,509,636.37 | 25,976,004.37 |
| 2030 | 1.21 | 110,481,077.55 | 106,700,874.30 | 99,140,467.80 | 91,580,061.31 | 72,679,045.07 | 34,510,942.60 |
| 2031 | 1.22 | 147,158,221.49 | 141,873,764.69 | 131,304,851.07 | 120,735,937.46 | 94,313,653.42 | 43,511,936.85 |
| 2032 | 1.23 | 205,858,958.51 | 195,749,479.07 | 175,530,520.19 | 155,311,561.30 | 104,764,164.09 | 34,713,803.59 |
| 2033 | 1.24 | 236,045,725.05 | 226,796,409.10 | 208,297,777.20 | 189,799,145.31 | 143,552,565.57 | 62,256,593.66 |
| 2034 | 1.24 | 290,546,793.91 | 279,069,800.47 | 256,115,813.60 | 233,161,826.72 | 175,776,859.53 | 76,140,604.15 |
| 2035 | 1.25 | 346,107,716.19 | 332,060,831.56 | 303,967,062.29 | 275,873,293.03 | 205,638,869.86 | 87,441,739.07 |
| 2036 | 1.25 | 403,635,976.59 | 384,079,872.88 | 344,967,665.45 | 305,855,458.02 | 208,074,939.44 | 71,442,931.09 |
| 2037 | 1.26 | 448,446,056.44 | 422,876,547.46 | 371,737,529.51 | 320,598,511.55 | 192,750,966.67 | 42,127,108.07 |
| 2038 | 1.27 | 481,908,628.55 | 454,585,133.55 | 399,938,143.56 | 345,291,153.57 | 208,673,678.59 | 46,826,889.06 |
| 2039 | 1.27 | 511,840,280.74 | 484,264,048.99 | 429,111,585.48 | 373,959,121.97 | 236,077,963.20 | 63,852,390.81 |
| 2040 | 1.28 | 534,960,235.13 | 505,473,231.65 | 446,499,224.69 | 387,525,217.73 | 240,090,200.34 | 60,257,621.97 |
| VAN 2023 (soles) | | 1,389,007,541.71 | 1,322,645,522.99 | 1,191,631,898.86 | 1,061,554,996.78 | 736,362,741.57 | 265,653,212.75 |

Nota: Elaborado con datos de 342 encuestas a productores de mandarina en Lima (2022), Miranda Galvão et al. (2012) y de IICA (2018).

En el escenario de adopción parcial del PNF al 25 % de productores adoptantes, las pérdidas de jornales en número acumulado para el periodo 2023 – 2040 en la cadena productiva de mandarina ascendieron a 9,020,294 puestos perdidos, y en el resto de la cadena 3,752.327 totalizando así 12,772,621 jornales, valuados acumuladamente del 2023 al 2040 y con el VAN al año 2023 de jornales perdidos en la cadena productiva directa y ganancias no realizadas por la pérdida de la producción de mandarina es de 451,014,717.50 soles (ver Tabla 35).

Tabla 35

Pérdida de jornales en la cadena productiva directa de mandarina en la costa central del Perú (Departamentos de Lima e Ica) y ganancias no realizadas por los actores de la cadena directa, escenario de adopción parcial del PNF al 25 %

| Años | Diferencia de producción | Pérdidas de jornales en producción S/ | Jornales en el resto de la cadena productiva directa S/ | Ganancias no realizadas por los actores de la cadena productiva directa S/ | Pérdida jornales y ganancias en la cadena productiva directa S/ | N° jornales perdidos, en la cadena productiva directa |
|------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---|--|---|---|
| | Negativo por 10 TM | 37.98 % S/ 4,047.00 80.94 | 18.93 % S/ 2,016.92 33.67 | 43.10 % S/ 4,592.38 | 100.00 % S/ 10,656.30 | 114.61 |
| 2023 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2024 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2025 | 10,302,785.56 | 3,533,506.2 | 1,761,008.0 | 4,009,687.0 | 9,304,201.2 | 79,437 |
| 2026 | 17,940,589.75 | 6,147,563.3 | 3,063,786.4 | 6,976,018.5 | 16,187,368.3 | 127,967 |
| 2027 | 33,367,370.42 | 11,351,335.6 | 5,657,211.7 | 12,881,059.2 | 29,889,606.6 | 218,785 |
| 2028 | 54,307,790.47 | 18,347,870.7 | 9,144,103.6 | 20,820,458.3 | 48,312,432.7 | 327,441 |
| 2029 | 79,708,378.39 | 26,751,906.0 | 13,332,457.2 | 30,357,034.3 | 70,441,397.5 | 442,056 |
| 2030 | 110,481,077.55 | 36,845,511.8 | 18,362,848.9 | 41,810,870.1 | 97,019,230.8 | 563,746 |
| 2031 | 147,158,221.49 | 48,779,463.5 | 24,310,421.4 | 55,353,059.7 | 128,442,944.6 | 691,055 |
| 2032 | 205,858,958.51 | 67,839,086.9 | 33,809,244.2 | 76,981,187.5 | 178,629,518.6 | 889,881 |
| 2033 | 236,045,725.05 | 77,349,750.3 | 38,549,112.5 | 87,773,522.7 | 203,672,385.5 | 939,479 |
| 2034 | 290,546,793.91 | 94,693,425.3 | 47,192,751.0 | 107,454,458.2 | 249,340,634.5 | 1,064,937 |
| 2035 | 346,107,716.19 | 112,211,816.6 | 55,923,463.6 | 127,333,655.2 | 295,468,935.4 | 1,168,474 |
| 2036 | 403,635,976.59 | 130,202,135.1 | 64,889,372.5 | 147,748,376.9 | 342,839,884.4 | 1,255,379 |
| 2037 | 448,446,056.44 | 143,950,090.7 | 71,740,997.5 | 163,349,028.3 | 379,040,116.5 | 1,285,124 |
| 2038 | 481,908,628.55 | 153,960,084.4 | 76,729,719.1 | 174,707,984.2 | 405,397,787.7 | 1,272,675 |
| 2039 | 511,840,280.74 | 162,773,545.3 | 81,122,119.8 | 184,709,160.8 | 428,604,826.0 | 1,245,860 |
| 2040 | 534,960,235.13 | 169,370,336.1 | 84,409,789.6 | 192,194,945.4 | 445,975,071.1 | 1,200,326 |
| 8% | VAN 2023 S/ | 451,014,717.5 | 224,774,055.8 | 511,794,160.7 | 1,187,582,934.0 | 12,772,620.9 |
| Total, jornales perdidos 2023-2040 | | 9,020,294 | 3,752,327 | | | |

Nota: Elaborado con datos de 342 encuestas a productores de mandarina en Lima (2022), Miranda Galvão et al. (2012), IICA (2018).

En el escenario de adopción parcial del PNF al 30 % de productores adoptantes, las pérdidas de jornales en número acumulado para el periodo 2023 – 2040 en la cadena productiva de mandarina ascendieron a 8,590,047 puestos perdidos, y en el resto de la cadena 3,573,349 totalizando así 12,163,396 jornales, valuados acumuladamente del 2023 al 2040 y con el VAN al año 2023 de jornales perdidos en la cadena productiva directa y ganancias no realizadas por la pérdida de la producción de mandarina es de 429,502,342.5 soles (ver Tabla 36).

Tabla 36

Pérdida de jornales en la cadena productiva directa de mandarina en la costa central del Perú (Departamentos de Lima e Ica) y ganancias no realizadas por los actores de la cadena directa, escenario de adopción parcial del PNF al 30 %

| Años | Diferencia de producción | Pérdidas de jornales en producción S/ | Jornales en el resto de la cadena productiva directa S/ | Ganancias no realizadas por los actores de la cadena productiva directa S/ | Pérdida jornales y ganancias en la cadena productiva directa S/ | Nº jornales perdidos, en la cadena productiva directa |
|------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---|--|---|---|
| | Negativo por 10 TM | 37.98 % S/ 4,047.00 80.94 | 18.93 % S/ 2,016.92 33.67 | 43.10 % S/ 4,592.38 | 100.00 % S/ 10,656.30 | 114.61 |
| 2023 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2024 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2025 | 6,835.60 | 2,766,367.55 | 1,378,685.95 | 3,139,167.53 | 7,284,221.02 | 62,191 |
| 2026 | 14,475.65 | 5,858,297.46 | 2,919,623.75 | 6,647,770.71 | 15,425,691.92 | 165,905 |
| 2027 | 27,123.42 | 10,976,848.82 | 5,470,577.20 | 12,456,106.00 | 28,903,532.02 | 310,862 |
| 2028 | 43,874.79 | 17,756,128.14 | 8,849,194.46 | 20,148,971.52 | 46,754,294.11 | 502,849 |
| 2029 | 63,930.36 | 25,872,617.87 | 12,894,242.76 | 29,359,252.00 | 68,126,112.63 | 732,706 |
| 2030 | 87,928.86 | 35,584,811.52 | 17,734,548.56 | 40,380,275.93 | 93,699,636.01 | 1,007,753 |
| 2031 | 116,204.08 | 47,027,791.29 | 23,437,433.36 | 53,365,329.42 | 123,830,554.06 | 1,331,815 |
| 2032 | 159,396.08 | 64,507,593.05 | 32,148,913.90 | 73,200,736.39 | 169,857,243.34 | 1,826,838 |
| 2033 | 183,639.35 | 74,318,844.82 | 37,038,587.72 | 84,334,167.68 | 195,691,600.22 | 2,104,691 |
| 2034 | 224,741.55 | 90,952,906.22 | 45,328,573.17 | 103,209,861.00 | 239,491,340.39 | 2,575,763 |
| 2035 | 266,018.45 | 107,657,666.67 | 53,653,793.20 | 122,165,780.90 | 283,477,240.77 | 3,048,837 |
| 2036 | 306,137.54 | 123,893,860.80 | 61,745,491.90 | 140,589,989.74 | 326,229,342.44 | 3,508,642 |
| 2037 | 335,414.73 | 135,742,340.66 | 67,650,467.44 | 154,035,189.13 | 357,427,997.23 | 3,844,188 |
| 2038 | 358,860.34 | 145,230,778.96 | 72,379,259.38 | 164,802,304.09 | 382,412,342.43 | 4,112,898 |
| 2039 | 380,538.31 | 154,003,854.47 | 76,751,533.03 | 174,757,652.88 | 405,513,040.38 | 4,361,350 |
| 2040 | 395,440.19 | 160,034,644.67 | 79,757,122.69 | 181,601,161.73 | 421,392,929.09 | 4,532,140 |
| 8% VAN 2023 S/ | 429,502,342.5 | 214,052,845.2 | 487,382,744.6 | 1,130,937,932.3 | 12,163,396 | |
| Total, jornales perdidos 2023-2040 | | 8,590,047 | 3,573,349 | | | |

Nota: Elaborado con datos de 342 encuestas a productores de mandarina en Lima (2022), Miranda Galvão et al. (2012) e IICA (2018).

En el escenario de adopción parcial del PNF al 40 % de productores adoptantes, las pérdidas de jornales en número acumulado para el periodo 2023 – 2040 en la cadena productiva de mandarina ascendieron a 7,741,284 puestos perdidos, y en el resto de la cadena 3,220,275 totalizando así 10,961,559 jornales, valuados acumuladamente del 2023 al 2040 y con el VAN al año 2023 de jornales perdidos en la cadena productiva directa y ganancias no realizadas por la pérdida de la producción de mandarina es de 387,064,206.3 soles (ver Tabla 37).

Tabla 37

Pérdida de jornales en la cadena productiva directa de mandarina en la costa central del Perú (Departamentos de Lima e Ica) y ganancias no realizadas por los actores de la cadena directa, escenario de adopción parcial del PNF al 40 %

| Años | Diferencia de producción | Pérdidas de jornales en producción S/ | Jornales en el resto de la cadena productiva directa S/ | Ganancias no realizadas por los actores de la cadena productiva directa S/ | Pérdida jornales y ganancias en la cadena productiva directa S/ | N° jornales perdidos, en la cadena productiva directa |
|-------------|------------------------------------|---------------------------------------|---|--|---|---|
| | Negativo por 10 TM | 37.98 % | 18.93 % | 43.10 % | 100.00 % | |
| | | S/ 4,047.00 | S/ 2,016.92 | S/ 4,592.38 | S/ 10,656.30 | |
| | | 80.94 | 33.67 | | | 114.61 |
| 2023 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2024 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2025 | 4,870.41 | 1,971,054.66 | 982,322.60 | 2,236,677.05 | 5,190,054.31 | 55,820 |
| 2026 | 13,046.12 | 5,279,765.67 | 2,631,298.49 | 5,991,275.09 | 13,902,339.25 | 149,522 |
| 2027 | 25,272.73 | 10,227,875.17 | 5,097,308.13 | 11,606,199.50 | 26,931,382.81 | 289,651 |
| 2028 | 40,950.44 | 16,572,642.93 | 8,259,376.07 | 18,805,998.00 | 43,638,017.00 | 469,333 |
| 2029 | 59,584.98 | 24,114,041.68 | 12,017,813.92 | 27,363,687.35 | 63,495,542.95 | 682,903 |
| 2030 | 81,698.57 | 33,063,410.99 | 16,477,947.84 | 37,519,087.57 | 87,060,446.40 | 936,347 |
| 2031 | 107,547.43 | 43,524,446.85 | 21,691,457.22 | 49,389,868.85 | 114,605,772.92 | 1,232,601 |
| 2032 | 142,932.06 | 57,844,605.35 | 28,828,253.38 | 65,639,834.13 | 152,312,692.85 | 1,638,144 |
| 2033 | 168,660.82 | 68,257,033.89 | 34,017,538.12 | 77,455,457.69 | 179,730,029.70 | 1,933,022 |
| 2034 | 206,256.16 | 83,471,868.10 | 41,600,217.50 | 94,720,666.58 | 219,792,752.17 | 2,363,902 |
| 2035 | 243,512.15 | 98,549,366.75 | 49,114,452.38 | 111,830,032.34 | 259,493,851.47 | 2,790,893 |
| 2036 | 274,962.47 | 111,277,312.20 | 55,457,730.79 | 126,273,215.47 | 293,008,258.46 | 3,151,345 |
| 2037 | 294,852.58 | 119,326,840.59 | 59,469,407.29 | 135,407,510.79 | 314,203,758.68 | 3,379,305 |
| 2038 | 315,720.70 | 127,772,168.15 | 63,678,339.85 | 144,990,943.81 | 336,441,451.81 | 3,618,475 |
| 2039 | 337,199.09 | 136,464,472.84 | 68,010,359.42 | 154,854,636.96 | 359,329,469.23 | 3,864,639 |
| 2040 | 349,303.83 | 141,363,261.78 | 70,451,788.97 | 160,413,594.31 | 372,228,645.06 | 4,003,371 |
| 8% | VAN 2023 S/ | 387,064,206.3 | 192,902,777.1 | 439,225,579.3 | 1,019,192,562.7 | 10,961,559 |
| | Total, jornales perdidos 2023-2040 | 7,741,284 | 3,220,275 | | | |

Nota: Elaborado con datos de 342 encuestas a productores de mandarina en Lima (2022) Miranda Galvão et al. (2012) e IICA (2018).

En el escenario de adopción parcial del PNF al 50 % de productores adoptantes, las pérdidas de jornales en número acumulado para el periodo 2023 – 2040 en la cadena productiva de mandarina ascendieron a 6,898,947 puestos perdidos, y en el resto de la

cadena 2,869,873 totalizando así 9,768,820 jornales, valuados acumuladamente del 2023 al 2040 y con el VAN al año 2023 de jornales perdidos en la cadena productiva directa y ganancias no realizadas por la pérdida de la producción de mandarina es de 344,947,333.9 soles (ver Tabla 38).

Tabla 38

Pérdida de jornales en la cadena productiva directa de mandarina en la costa central del Perú (Departamentos de Lima e Ica) y ganancias no realizadas por los actores de la cadena directa, escenario de adopción parcial del PNF al 50 %

| Años | Diferencia de producción | Pérdidas de jornales en producción S/ | Jornales en el resto de la cadena productiva directa S/ | Ganancias no realizadas por los actores de la cadena productiva directa S/ | Pérdida jornales y ganancias en la cadena productiva directa S/ | N° jornales perdidos, en la cadena productiva directa |
|------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---|--|---|---|
| | Negativo por 10 TM | 37.98 % S/ 4,047.00 80.94 | 18.93 % S/ 2,016.92 33.67 | 43.10 % S/ 4,592.38 | 100.00 % S/ 10,656.30 | 114.61 |
| 2023 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 |
| 2024 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 |
| 2025 | 3,905.2 | 1,580,441.8 | 787,651.3 | 1,793,424.6 | 4,161,517.6 | 44,758 |
| 2026 | 11,616.6 | 4,701,233.9 | 2,342,973.2 | 5,334,779.5 | 12,378,986.6 | 133,138 |
| 2027 | 23,422.0 | 9,478,901.5 | 4,724,039.1 | 10,756,293.0 | 24,959,233.6 | 268,440 |
| 2028 | 38,026.1 | 15,389,157.7 | 7,669,557.7 | 17,463,024.5 | 40,521,739.9 | 435,817 |
| 2029 | 55,239.6 | 22,355,465.5 | 11,141,385.1 | 25,368,122.7 | 58,864,973.3 | 633,101 |
| 2030 | 75,468.3 | 30,542,010.5 | 15,221,347.1 | 34,657,899.2 | 80,421,256.8 | 864,942 |
| 2031 | 98,890.8 | 40,021,102.4 | 19,945,481.1 | 45,414,408.3 | 105,380,991.8 | 1,133,387 |
| 2032 | 126,468.0 | 51,181,617.6 | 25,507,592.8 | 58,078,931.9 | 134,768,142.4 | 1,449,450 |
| 2033 | 153,682.3 | 62,195,222.9 | 30,996,488.5 | 70,576,747.7 | 163,768,459.2 | 1,761,353 |
| 2034 | 187,770.8 | 75,990,830.0 | 37,871,861.8 | 86,231,472.1 | 200,094,164.0 | 2,152,041 |
| 2035 | 221,005.8 | 89,441,066.8 | 44,575,111.6 | 101,494,283.8 | 235,510,462.2 | 2,532,948 |
| 2036 | 243,787.4 | 98,660,763.6 | 49,169,969.7 | 111,956,441.2 | 259,787,174.5 | 2,794,047 |
| 2037 | 254,290.4 | 102,911,340.5 | 51,288,347.1 | 116,779,832.5 | 270,979,520.1 | 2,914,423 |
| 2038 | 272,581.1 | 110,313,557.3 | 54,977,420.3 | 125,179,583.5 | 290,470,561.2 | 3,124,052 |
| 2039 | 293,859.9 | 118,925,091.2 | 59,269,185.8 | 134,951,621.1 | 313,145,898.1 | 3,367,928 |
| 2040 | 303,167.5 | 122,691,878.9 | 61,146,455.2 | 139,226,026.9 | 323,064,361.0 | 3,474,602 |
| 8% VAN 2023 S/ | | 344,947,333.9 | 171,912,818.6 | 391,432,971.9 | 908,293,124.5 | 9,768,820 |
| Total, jornales perdidos 2023-2040 | | 6,898,947 | 2,869,873 | | | |

Nota: Elaborado con datos de 342 encuestas a productores de mandarina en Lima (2022), Miranda Galvão et al. (2012) e IICA (2018).

En el escenario de adopción parcial del PNF al 75 % de productores adoptantes, las pérdidas de jornales en número acumulado para el periodo 2023 – 2040 en la cadena

productiva de mandarina ascendieron a 4,793,103 puestos perdidos, y en el resto de la cadena 1,993,869 totalizando así 6,786,972 jornales, valuados acumuladamente del 2023 al 2040 y con el VAN al año 2023 de jornales perdidos en la cadena productiva directa y ganancias no realizadas por la pérdida de la producción de mandarina es de 239,655,153.2 soles (Tabla 39).

Tabla 39

Pérdida de jornales en la cadena productiva directa de mandarina en la costa central del Perú (Departamentos de Lima e Ica) y ganancias no realizadas por los actores de la cadena directa, escenario de adopción parcial del PNF al 75 %

| Años | Diferencia de producción | Pérdidas de jornales en producción S/ | Jornales en el resto de la cadena productiva directa S/ | Ganancias no realizadas por los actores de la cadena productiva directa S/ | Pérdida jornales y ganancias en la cadena productiva directa S/ | N° jornales perdidos, en la cadena productiva directa |
|------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---|--|---|---|
| | Negativo por 10 TM | 37.98 % S/ 4,047.00 80.94 | 18.93 % S/ 2,016.92 33.67 | 43.10 % S/ 4,592.38 | 100.00 % S/ 10,656.30 | 114.61 |
| 2023 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 |
| 2024 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 |
| 2025 | 1,492.2 | 603,909.6 | 300,972.9 | 685,293.4 | 1,590,175.8 | 17,103 |
| 2026 | 8,042.8 | 3,254,904.4 | 1,622,160.1 | 3,693,540.4 | 8,570,604.9 | 92,178 |
| 2027 | 18,795.3 | 7,606,467.4 | 3,790,866.4 | 8,631,526.8 | 20,028,860.6 | 215,413 |
| 2028 | 30,715.2 | 12,430,444.7 | 6,195,011.7 | 14,105,590.7 | 32,731,047.1 | 352,027 |
| 2029 | 44,376.1 | 17,959,025.0 | 8,950,313.0 | 20,379,211.1 | 47,288,549.1 | 508,595 |
| 2030 | 59,892.5 | 24,238,509.2 | 12,079,845.3 | 27,504,928.3 | 63,823,282.7 | 686,428 |
| 2031 | 77,249.2 | 31,262,741.3 | 15,580,540.7 | 35,475,756.9 | 82,319,038.9 | 885,353 |
| 2032 | 85,308.0 | 34,524,148.4 | 17,205,941.5 | 39,176,676.2 | 90,906,766.1 | 977,715 |
| 2033 | 116,236.0 | 47,040,695.6 | 23,443,864.5 | 53,379,972.7 | 123,864,532.9 | 1,332,180 |
| 2034 | 141,557.3 | 57,288,234.7 | 28,550,972.6 | 65,008,486.1 | 150,847,693.4 | 1,622,388 |
| 2035 | 164,740.1 | 66,670,317.0 | 33,226,759.5 | 75,654,912.4 | 175,551,988.9 | 1,888,086 |
| 2036 | 165,849.7 | 67,119,392.1 | 33,450,566.9 | 76,164,505.5 | 176,734,464.5 | 1,900,804 |
| 2037 | 152,885.1 | 61,872,590.3 | 30,835,696.8 | 70,210,636.6 | 162,918,923.7 | 1,752,216 |
| 2038 | 164,732.0 | 66,667,030.3 | 33,225,121.5 | 75,651,182.8 | 175,543,334.7 | 1,887,993 |
| 2039 | 185,511.8 | 75,076,637.1 | 37,416,251.8 | 85,194,081.3 | 197,686,970.2 | 2,126,151 |
| 2040 | 187,826.6 | 76,013,421.7 | 37,883,120.9 | 86,257,108.3 | 200,153,650.9 | 2,152,681 |
| 8% VAN 2023 S/ | | 239,655,153.2 | 119,437,922.3 | 271,951,453.5 | 631,044,528.9 | 6,786,972 |
| Total, jornales perdidos 2023-2040 | | 4,793,103 | 1,993,869 | | | |

Nota: Elaborado con datos de 342 encuestas a productores de mandarina en Lima (2022), Miranda Galvão et al. (2012) e IICA (2018).

En el escenario de adopción parcial del PNF al 100 % de productores adoptantes, las pérdidas de jornales en número acumulado para el periodo 2023 – 2040 en la cadena productiva de mandarina ascendieron a 1,736,267 puestos perdidos, y en el resto de la cadena 722,265 totalizando así 2,458,532 jornales, valuados acumuladamente del 2023 al 2040 y con el VAN al año 2023 de jornales perdidos en la cadena productiva directa y ganancias no realizadas por la pérdida de la producción de mandarina es de 86,813,363.4 soles (ver Tabla 40).

Tabla 40

Pérdida de jornales en la cadena productiva directa de mandarina en la costa central del Perú (Departamentos de Lima e Ica) y ganancias no realizadas por los actores de la cadena directa, escenario de adopción parcial del PNF al 100 %

| Años | Diferencia de producción | Pérdidas de jornales en producción S/ | Jornales en el resto de la cadena productiva directa S/ | Ganancias no realizadas por los actores de la cadena productiva directa S/ | Pérdida jornales y ganancias en la cadena productiva directa S/ | N° jornales perdidos, en la cadena productiva directa |
|------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---|--|---|---|
| | Negativo por 10 TM | 37.98 % S/ 4,047.00 80.94 | 18.93 % S/ 2,016.92 33.67 | 43.10 % S/ 4,592.38 | 100.00 % S/ 10,656.30 | 114.61 |
| 2023 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 |
| 2024 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 |
| 2025 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 |
| 2026 | 2,897.3 | 1,172,529.2 | 584,358.2 | 1,330,541.1 | 3,087,428.5 | 33,206 |
| 2027 | 9,153.1 | 3,704,260.3 | 1,846,107.4 | 4,203,452.1 | 9,753,819.8 | 104,904 |
| 2028 | 15,077.2 | 6,101,761.2 | 3,040,959.8 | 6,924,044.0 | 16,066,765.1 | 172,800 |
| 2029 | 21,542.2 | 8,718,125.3 | 4,344,887.9 | 9,892,993.3 | 22,956,006.5 | 246,895 |
| 2030 | 28,439.4 | 11,509,422.0 | 5,735,997.9 | 13,060,449.5 | 30,305,869.4 | 325,944 |
| 2031 | 35,639.2 | 14,423,176.0 | 7,188,137.4 | 16,366,865.6 | 37,978,179.1 | 408,461 |
| 2032 | 28,267.0 | 11,439,641.8 | 5,701,221.2 | 12,981,265.6 | 30,122,128.6 | 323,968 |
| 2033 | 50,409.8 | 20,400,843.8 | 10,167,252.3 | 23,150,093.2 | 53,718,189.3 | 577,747 |
| 2034 | 61,317.8 | 24,815,330.1 | 12,367,317.9 | 28,159,482.5 | 65,342,130.6 | 702,764 |
| 2035 | 70,050.8 | 28,349,545.3 | 14,128,679.3 | 32,169,974.1 | 74,648,198.7 | 802,852 |
| 2036 | 56,944.8 | 23,045,572.5 | 11,485,316.6 | 26,151,229.6 | 60,682,118.7 | 652,645 |
| 2037 | 33,414.1 | 13,522,699.0 | 6,739,363.0 | 15,345,038.9 | 35,607,100.8 | 382,959 |
| 2038 | 36,966.3 | 14,960,246.3 | 7,455,799.4 | 16,976,312.3 | 39,392,358.0 | 423,670 |
| 2039 | 50,175.7 | 20,306,100.2 | 10,120,034.5 | 23,042,581.8 | 53,468,716.5 | 575,064 |
| 2040 | 47,140.5 | 19,077,780.0 | 9,507,871.5 | 21,648,731.3 | 50,234,382.8 | 540,278 |
| 8% VAN 2023 S/ | | 86,813,363.4 | 43,265,532.2 | 98,512,467.0 | 228,591,362.7 | 2,458,532 |
| Total, jornales perdidos 2023-2040 | | 1,736,267 | 722,265 | | | |

Nota: Elaborado con datos de 342 encuestas a productores de mandarina en Lima (2022), Miranda Galvão et al. (2012) e IICA (2018).

4.4.3. Costos de producción incrementales debido a la enfermedad del HLB

4.4.3.1. Revisión previa de programas públicos

Para determinar los costos incrementales (en soles) en los que incurriría el Gobierno del Perú (GdP) al realizar actividades de prevención, control y manejo del HLB mediante la gestión de un Programa Nacional Fitosanitario, se toma como referencia el Proyecto “Erradicación de la Mosca de la Fruta en los Departamentos de Piura, Tumbes, Amazonas, Lambayeque, La Libertad, Cajamarca, Apurímac, Cusco y Puno”²⁴ formulado y ejecutado en el año 2017 con el objetivo de contar con productores hortofrutícolas de los departamentos listados previamente que cuenten con cultivos sin presencia de mosca de la fruta en sus plantaciones.

Este proyecto de inversión cuenta con dos componentes principales: el primero dirigido a la información sobre el comportamiento de la plaga, mientras que el segundo se enfoca en las actividades de control de la plaga en sembríos hospedantes²⁵. Para la ejecución de estos componentes estratégicos el proyecto cuenta con un presupuesto total ascendente a 404,418,349 soles distribuidos de forma no homogénea en los cinco años previstos como duración de la primera etapa del proyecto (ver Tabla 41).

Tabla 41

Presupuesto total anualizado y por distribución porcentual anual, otorgado al PIP “Erradicación de la Mosca de la Fruta”

| Componente | Año 01 | Año 02 | Año 03 | Año 04 | Año 05 | Total |
|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 10,312,904 | 17,361,488 | 33,388,484 | 19,216,819 | 13,116,152 | 93,395,847 |
| | 11% | 19% | 36% | 21% | 14% | 23% |
| 2 | 4,331,873 | 67,420,115 | 121,449,777 | 72,630,204 | 45,190,533 | 311,022,502 |
| | 1% | 22% | 39% | 23% | 15% | 77% |
| Ppto. Anual | 14,644,777 | 84,781,603 | 154,838,261 | 91,847,023 | 58,306,685 | 404,418,349 |

Nota: Elaborado con datos del PIP “Erradicación de la Mosca de la Fruta en los Departamentos de Piura, Tumbes, Amazonas, Lambayeque, La Libertad, Cajamarca, Apurímac, Cusco y Puno” (2017) Código SNIP 382554.

²⁴ Proyecto de Inversión Pública formulado en el año 2017 con Código SNIP 382554 formulado y ejecutado por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA mediante su Dirección General de Sanidad Vegetal, perteneciente al sector Agricultura.

²⁵ El documento técnico se refiere a las hectáreas de cultivo hospedantes como la superficie de cosecha que puede albergar la presencia de la plaga Mosca de la Fruta y sufrir las consecuencias nocivas.

Al contabilizar el total de hectáreas hospedantes registradas en los nueve departamentos que el proyecto indica como campo de acción, se obtiene una suma total de 103,720 hectáreas distribuidas en los nueve departamentos (ver Tabla 42). Esto permite realizar una estimación aproximada del presupuesto utilizado por departamento en base al porcentaje de superficie cosechada potencialmente afectada por la Mosca de la Fruta.

Tabla 42

Cantidad total de hectáreas hospedantes por departamento, porcentaje de participación y estimación de presupuesto otorgado por hectárea hospedante

| Departamento | Superficie cultivada (ha) | | |
|--------------|---------------------------|-----------------|--------------------|
| | Hospedante | % participación | Ppto. Otorgado |
| Amazonas | 224 | 0.2 % | 873,406 |
| Apurímac | 2,916 | 2.8 % | 11,369,880 |
| Cajamarca | 17,106 | 16.5 % | 66,698,614 |
| Cusco | 1,332 | 1.3 % | 5,193,649 |
| La Libertad | 7,794 | 7.5 % | 30,389,863 |
| Lambayeque | 13,263 | 12.8 % | 51,714,236 |
| Piura | 60,917 | 58.7 % | 237,523,646 |
| Puno | 2 | 0.0 % | 7,798 |
| Tumbes | 166 | 0.2 % | 647,257 |
| | 103,720 | 100 % | 404,418,349 |

Nota: Elaborado con datos del PIP “Erradicación de la Mosca de la Fruta en los Departamentos de Piura, Tumbes, Amazonas, Lambayeque, La Libertad, Cajamarca, Apurímac, Cusco y Puno” (2017) Código SNIP 382554.

Reuniendo los datos anteriores, se puede extraer como primera conclusión que por cada hectárea de superficie hospedante el proyecto consideró un presupuesto necesario de 3,899 soles para ejecutar actividades de información (Vigilancia / Alerta) y actividades de control (Manejo y Control). La proporción de presupuesto utilizado en ambos componentes respeta una estructura aproximada de 23 % para el primero componente y 77 % para las actividades del segundo componente.

4.4.3.2. *Financiamiento del Programa Nacional Fitosanitario (PNF) para vigilancia y control del HLB a nivel nacional y en Costa Central*

El PNF para control del HLB tiene como principal campo de acción las tres principales macrorregiones productoras de cítricos en nuestro país: macrorregión Costa Norte (Tumbes, Piura y Lambayeque), macrorregión Costa Central (Lima e Ica) y macrorregión Selva Central (Junín y Pasco). Estos tres agregados departamentales son responsables del 67 % de producción cítrica nacional, y a su vez cada uno de ellos cuenta con un aporte representativo a la producción (ver Tabla 43).

Tabla 43*Superficie agrícola total y superficie agrícola destinada al cultivo de cítricos*

| Macrorregión | Departamento | Superficie Agrícola (ha) | Superficie Agrícola destinada a cítricos (ha) | % participación |
|----------------------|---------------------|---------------------------------|--|------------------------|
| Costa Norte | Tumbes | 21,020 | 857 | 2.0 % |
| | Piura | 386,759 | 11,255 | 26.0 % |
| | Lambayeque | 254,314 | 2,175 | 5.0 % |
| Costa Central | Lima | 500,607 | 5,746 | 13.3 % |
| | Ica | 253,590 | 3,331 | 7.7 % |
| Selva Central | Junín | 465,368 | 19,863 | 45.8 % |
| | Pasco | 177,488 | 110 | 0.3 % |
| | | 2,059,147 | 43,337 | 100 % |

Nota: Elaborado con datos del Censo Nacional Agropecuario – CENAGRO 2012.

Realizando un paralelo con el criterio técnico utilizado en el Proyecto de Erradicación de la Mosca de la Fruta, se identifica que un porcentaje del total de terreno dedicado al cultivo de cítricos en estos siete departamentos es susceptible al ataque del HLB, por lo que se utiliza como supuesto de análisis que el 30 % de la superficie total será el pico máximo de afectación registrado durante los cinco primeros años del PNF, lo cual coincide con el marco temporal utilizado en la primera fase del Proyecto de Erradicación de Mosca de la Fruta. Este supuesto técnico coincide con el porcentaje de superficie cosechada desaprovechada que se estima para los años 2028 – 2029 en un escenario de presencia del HLB y ningún plan de contención por parte de la entidad gubernamental.

Bajo este supuesto técnico, la superficie total afecta a padecer de HLB sería de 13,001 hectáreas, siendo estas distribuidas en: costa norte (33 %), costa central (21 %) y selva central (46 %). Sobre la base del presupuesto otorgado por hectárea hospedante en el Proyecto de Mosca de la Fruta, en esa estimación paralela, el presupuesto que debería ser brindado para un programa de contingencia para el HLB sería de 50,693,155 soles distribuidos en las macrorregiones analizadas, correspondiendo a la Costa Central un total de 10,617,512 soles para los primeros cinco años de proyecto (ver Tabla 44).

Tabla 44

Superficie agrícola destinada al cultivo de cítricos susceptible a la afectación por ingreso del HLB y presupuesto para cinco años de ejecución (periodo 2024 – 2028)

| Macrorregión | Departamento | Superficie Agrícola destinada a cítricos (ha) | Superficie susceptible a infección con HLB | Presupuesto asignado por departamento (soles) | Presupuesto asignado por macrorregión (soles) |
|---------------|--------------|---|--|---|---|
| Costa Norte | Tumbes | 857 | 999 | 1,002,795 | 16,712,413 |
| | Piura | 11,255 | 5,959 | 13,165,432 | |
| | Lambayeque | 2,175 | 653 | 2,544,186 | |
| Costa Central | Lima | 5,746 | 1,724 | 6,720,745 | 10,617,512 |
| | Ica | 3,331 | 33 | 3,896,767 | |
| Selva Central | Junín | 19,863 | 3,377 | 23,234,559 | 23,363,231 |
| | Pasco | 110 | 257 | 128,671 | |
| | | 43,337 | 13,001 | 50,693,155 | 50,693,155 |

Nota: Elaborado con datos del Censo Nacional Agropecuario – CENAGRO 2012.

El monto total de financiamiento sirve para actividades comprendidas en la primera parte del proyecto, y se distribuye anualmente según la estructura porcentual promedio que se presenta en el proyecto de Mosca de la Fruta durante los primeros cinco años. Con esto se cumple la proporcionalidad de presupuesto necesaria para la ejecución de actividades durante esta primera etapa ya que se toma como modelo de aplicación un proyecto ya ejecutado y que a la fecha propone una segunda etapa de ejecución (ver Tabla 45).

Tabla 45

Distribución porcentual del financiamiento otorgado al PNF para HLB

| Macrorregión | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | Total |
|---------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Año 01 | Año 02 | Año 03 | Año 04 | Año 05 | |
| | 6 % | 20 % | 37 % | 22 % | 14 % | 100 % |
| Costa Norte | 1,039,088 | 3,364,716 | 6,250,274 | 3,670,693 | 2,387,642 | 16,712,413 |
| Costa Central | 660,140 | 2,137,627 | 3,970,842 | 2,332,017 | 1,516,886 | 10,617,512 |
| Selva Central | 1,452,601 | 4,703,727 | 8,737,612 | 5,131,470 | 3,337,821 | 23,363,231 |
| | 3,151,829 | 10,206,070 | 18,958,728 | 11,134,179 | 7,242,349 | 50,693,155 |

Nota: Elaborado con datos del Censo Nacional Agropecuario – CENAGRO 2012.

Si bien el proyecto para contención del HLB es propuesto de manera inicial para una ejecución de cinco años, es racional considerar una posible ampliación del mismo teniendo en cuenta la proyección realizada al 2040 y el pronóstico técnico estimado de años necesarios para lograr el control total de esta enfermedad. Para este escenario, se plantea una estructura de financiamiento en base a un modelo de predicción temporal que refleje con precisión el flujo de seguiría el financiamiento para el proyecto tras una ampliación del mismo, pasados los primeros cinco años. Cabe indicar que esta proyección

se elabora en base a un modelo estadístico de tipo potencial ($R^2 = 0.9946$) que permite prolongar el monto anual de financiamiento hasta el año 2034, para que desde el 2035 en adelante el presupuesto anual se mantenga constante hasta el final del periodo (año 2040). En cuanto a la distribución porcentual para cada componente, se respeta lo estipulado en el proyecto de Mosca de la Fruta (23 % Vigilancia / Alerta y 77 % Manejo y Control de la enfermedad) (ver Tabla 46).

Tabla 46

Propuesta de financiamiento otorgado al PNF para HLB a nivel nacional y a nivel Costa Central. Periodo 2024 – 2040

| | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 |
|----------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Ámbito | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Costa Central | 660,140 | 2,137,627 | 3,970,842 | 2,332,017 | 1,516,886 | 859,315 | 752,125 | 670,143 | 605,280 |
| Vigilancia | 151,832 | 491,654 | 913,294 | 536,364 | 348,884 | 197,642 | 172,989 | 154,133 | 139,215 |
| Control | 508,308 | 1,645,973 | 3,057,548 | 1,795,653 | 1,168,002 | 661,672 | 579,137 | 516,010 | 466,066 |
| Nacional | 3,151,829 | 10,206,070 | 18,958,728 | 11,134,179 | 7,242,349 | 4,102,787 | 3,591,012 | 3,199,590 | 2,889,903 |
| Vigilancia | 724,921 | 2,347,396 | 4,360,508 | 2,560,861 | 1,665,740 | 943,641 | 825,933 | 735,906 | 664,678 |
| Control | 2,426,908 | 7,858,674 | 14,598,221 | 8,573,318 | 5,576,609 | 3,159,146 | 2,765,079 | 2,463,685 | 2,225,225 |
| | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | Total |
| Ámbito | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | |
| Costa Central | 552,597 | 508,900 | 508,900 | 508,900 | 508,900 | 508,900 | 508,900 | 508,900 | 17,619,276 |
| Vigilancia | 127,097 | 117,047 | 117,047 | 117,047 | 117,047 | 117,047 | 117,047 | 117,047 | 4,052,433 |
| Control | 425,500 | 391,853 | 391,853 | 391,853 | 391,853 | 391,853 | 391,853 | 391,853 | 13,566,842 |
| Nacional | 2,638,366 | 2,429,737 | 2,429,737 | 2,429,737 | 2,429,737 | 2,429,737 | 2,429,737 | 2,429,737 | 84,122,975 |
| Vigilancia | 606,824 | 558,840 | 558,840 | 558,840 | 558,840 | 558,840 | 558,840 | 558,840 | 19,348,284 |
| Control | 2,031,542 | 1,870,898 | 1,870,898 | 1,870,898 | 1,870,898 | 1,870,898 | 1,870,898 | 1,870,898 | 64,774,691 |

Nota: Elaborado con datos del Censo Nacional Agropecuario – CENAGRO 2012.

Con esto se concluye que el costo incremental del Gobierno ascendería a 84,122,975 soles para la prevención, control y manejo a nivel nacional de la enfermedad del HLB en cultivos de cítricos, cuyo valor actualizado (VAN) al 2023 con una tasa de descuento del 8 % resulta en 54,768,051 soles. En cuanto al análisis macrorregional, el costo incremental que asume el Gobierno para la prevención, control y manejo a nivel Costa Central de la enfermedad del HLB en cultivos de cítricos ascendería a 17,619,276 soles en un plazo proyectado hasta el año 2040, cuyo valor actualizado (VAN) al 2023 con una tasa de descuento del 8 % resulta en 11,470,984.95 soles. Es importante que este presupuesto sería administrado y gestionado por el SENASA, entidad responsable de la ejecución de este proyecto.

En cuanto al costo incremental que tendría el PROCITRUS de apoyar con financiamiento al PNF, este asciende a 8,893,661 soles, cuyo valor actualizado (VAN) al 2023 con una tasa de descuento del 8 % resulta en 4,772,044.42 soles.

Contabilizando el costo incremental actualizado (VAN) al 2023 de ambos actores (Gobierno + PROCITRUS) el total se estima en 59,540,095.51 soles (ver Tabla 47).

Tabla 47

Costos incrementales por Vigilancia y Control del HLB del Gobierno (SENASA) y PROCITRUS (soles) a valor nominal (2024-2040) VAN al año 0 (2023)

| | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 |
|-----------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Entidad | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Gobierno | 3,151,829 | 10,206,070 | 18,958,728 | 11,134,179 | 7,242,349 | 4,102,787 | 3,591,012 | 3,199,590 | 2,889,903 |
| Vigilancia | 724,921 | 2,347,396 | 4,360,508 | 2,560,861 | 1,665,740 | 943,641 | 825,933 | 735,906 | 664,678 |
| Control | 2,426,908 | 7,858,674 | 14,598,221 | 8,573,318 | 5,576,609 | 3,159,146 | 2,765,079 | 2,463,685 | 2,225,225 |
| PROCITRUS | 523,156 | 523,156 | 523,156 | 523,156 | 523,156 | 523,156 | 523,156 | 523,156 | 523,156 |
| Gobierno y PROCITRUS | 3,674,985 | 10,729,227 | 19,481,885 | 11,657,336 | 7,765,505 | 4,625,943 | 4,114,168 | 3,722,747 | 3,413,059 |

Continuación...

| | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | Total | |
|-----------------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|--|
| Ámbito | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | | |
| Gobierno | 2,638,366 | 2,429,737 | 2,429,737 | 2,429,737 | 2,429,737 | 2,429,737 | 2,429,737 | 2,429,737 | 84,122,975 | |
| Vigilancia | 606,824 | 558,840 | 558,840 | 558,840 | 558,840 | 558,840 | 558,840 | 558,840 | 19,348,284 | |
| Control | 2,031,542 | 1,870,898 | 1,870,898 | 1,870,898 | 1,870,898 | 1,870,898 | 1,870,898 | 1,870,898 | 64,774,691 | |
| PROCITRUS | 523,156 | 523,156 | 523,156 | 523,156 | 523,156 | 523,156 | 523,156 | 523,156 | 8,893,661 | |
| Gobierno y PROCITRUS | 3,161,523 | 2,952,894 | 2,952,894 | 2,952,894 | 2,952,894 | 2,952,894 | 2,952,894 | 2,952,894 | 93,016,636 | |
| Gobierno y PROCITRUS | VAN (2023) | | 59,540,095 | | | | | | | |

Nota: Elaborado con datos del Censo Nacional Agropecuario – CENAGRO 2012 e IICA (2018).

4.4.3.3. Costos incrementales de la producción de mandarinas

Los costos incrementales de la producción de mandarina en la región de costa central (Lima e Ica) se obtienen considerando las superficies de mandarina cosechadas hasta el año 2040 en cada escenario (ver Tabla 30). De esta forma, los costos incrementales se obtienen mediante la resta del costo de producción en un escenario tendencial (sin HLB) y los costos de producción en diferentes escenarios de adopción parcial (25 %, 30 %, 40 %, 50 %, 75 %) y adopción total (100 %) del 2023 al 2040 debido al implemento por parte de los productores, de distintas actividades necesarias para el manejo y control del HLB, estimados en el VAN 2023 para cada escenario (ver Tabla 48).

Tabla 48

Costos incrementales de productores de mandarina en Costa Central, debido al implemento de actividades para control y manejo del HLB (en soles)

| Escenarios | Adopción parcial 25 % | Adopción parcial 30 % | Adopción parcial 40 % | Adopción parcial 50 % | Adopción parcial 75 % | Adopción total 100 % |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| VAN de costos incrementales | 130,424,797 | 135,466,258 | 144,757,302 | 161,217,971 | 171,162,420 | 107,521,874 |

4.5. ABC DE LA CADENA PRODUCTIVA DIRECTA DE MANDARINA, EN ESCENARIOS DE ADOPCIÓN PARCIAL Y TOTAL

4.5.1. ABC de la cadena productiva directa de mandarinas, con escenario de adopción parcial de 25 % de los productores y costos de HLB en soles

El Análisis Beneficio – Costo (ABC) para la cadena productiva directa de la mandarina en Costa Central, en forma acumulada del 2024 al 2040 y bajo un contexto de adopción parcial del PNF al 25 % por parte de los productores, muestra una pérdida de producción total de 1,501,267,260.83 soles. Además, presenta pérdidas por reducción del empleo por un total de 1,187,582,933.98 soles distribuidas en pérdida de jornales por disminución de la producción por un total de 451,014,717.47 soles, pérdida de jornales en el resto de la cadena por un total de 224,774,055.84 soles y por beneficios (ganancias) no logrados por 511,794,160.67 soles. Con esto, se totaliza una pérdida total de 2,688,850,194.81 soles con montos actualizados (VAN) al año 2023. Los costos incrementales del Gobierno ascienden a 54,768,051 soles y del PROCITRUS a 4,772,044.42 soles, que sumados a los costos incrementales por parte de los productores por 130,424,797.48 soles, da un total de costos incrementales por los tres agentes (GOBIERNO + PROCITRUS + PRODUCTORES) igual a 189,964,893.00 soles. Este monto de costo total brinda los siguientes ratios B/C: 11.92 para los productores; 8.18 para el Gobierno + PROCITRUS + Productores y 28.38 para el Gobierno (ver Tabla 49).

Con estos ratios, es posible concluir entonces que, en el caso de los productores, por cada sol invertido en medidas de control y manejo del HLB en sus cultivos, evitarán la pérdida de 11.92 soles para ellos. En cuanto a los tres agentes en conjunto (Gobierno + PROCITRUS + productores), por cada sol invertido estarán evitando la pérdida de 8.18 soles; y finalmente por cada sol invertido por el Gobierno se evitará la pérdida de 28.38 soles en la cadena productiva directa de la mandarina en Costa Central.

Tabla 49

Análisis Beneficio Costo (ABC) de la cadena productiva de mandarina en la Costa Central, en escenario de adopción parcial al 25 % de adopción por parte de los productores y con costos altos de control del HLB

| I. Beneficios | Escenario Epidemiológico | Escenario parcial 25 % |
|--|---------------------------------|-------------------------------|
| A. Valor de Producción | S/ 3,716,952,830.09 | S/ 4,995,177,930.71 |
| B. Pérdida de producción | S/ 2,779,492,361.46 | S/ 1,501,267,260.83 |
| C. Reducción del empleo | S/ 1,463,917,540.22 | 1,187,582,933.98 |
| C.1. Jornales producción | S/ 555,959,787.66 | S/ 451,014,717.47 |
| C.2. Jornales resto cadena | S/ 277,075,961.19 | S/ 224,774,055.84 |
| C.3. Beneficio no logrado | S/ 630,881,791.37 | S/ 511,794,160.67 |
| D. Total pérdidas D = B + C | S/ 4,243,409,901.68 | 2,688,850,194.81 |
| E. Beneficios (pérdidas evitadas escenario B) | | S/ 1,554,559,706.86 |
| II. Costos | | |
| F.-Gobierno | | S/ 54,768,051.10 |
| G.-PROCITRUS | | S/ 4,772,044.42 |
| H.-GOB+PROCITRUS H = F + G | | S/ 59,540,095.51 |
| I.-Productores (costos adicionales de producción) | | S/ 130,424,797.48 |
| J.-Total costos J = H + I | | S/ 189,964,893.00 |
| K.-Costos Netos J = H + I | | S/ 189,964,893.00 |
| L.-Pérdidas netas evitadas (evitados-costos) | | S/ 1,364,594,813.87 |
| M.-Ratio B/C PROCITRUS | | 325.76 |
| N.-Ratio B/C Productores | | 11.92 |
| Ñ.-Ratio B/C (incluye gobierno, Procitrus y productores) | | 8.18 |
| O.-Ratio B/C (sólo gobierno) | | 28.38 |
| P.- Ratio B/C Gobierno + PROCITRUS | | 26.11 |

4.5.2. ABC de la cadena productiva directa de mandarinas, con escenario de adopción parcial de 30 % de los productores y costos de HLB en soles

El Análisis Beneficio – Costo (ABC) para la cadena productiva directa de la mandarina en Costa Central, en forma acumulada del 2024 al 2040 y bajo un contexto de adopción parcial del PNF al 30 % por parte de los productores, muestra una pérdida de producción total de 1,429,261,516.68 soles. Además, presenta pérdidas por reducción del empleo por un total de 1,130,937,932.32 soles distribuidas en pérdida de jornales por disminución de la producción por un total de 429,502,342.47 soles, pérdida de jornales en el resto de la cadena por un total de 214,052,845.21 soles y por beneficios (ganancias) no logrados por 487,382,744.63 soles. Con esto, se totaliza una pérdida total de 2,560,199,449.00 soles con montos actualizados (VAN) al año 2023. Los costos incrementales del Gobierno ascienden a 54,768,051 soles y del PROCITRUS a 4,772,044.42 soles, que sumados a los

costos incrementales por parte de los productores por 135,466,258.58 soles, da un total de costos incrementales por los tres agentes (GOBIERNO + PROCITRUS + PRODUCTORES) igual a 195,006,354.09 soles. Este monto de costo total brinda los siguientes ratios B/C: 12.43 para los productores; 8.63 para el Gobierno + PROCITRUS + Productores y 30.73 para el Gobierno (ver Tabla 50).

Con estos ratios, es posible concluir entonces que, en el caso de los productores, por cada sol invertido en medidas de control y manejo del HLB en sus cultivos, evitarán la pérdida de 12.43 soles para ellos. En cuanto a los tres agentes en conjunto (Gobierno + PROCITRUS + productores), por cada sol invertido estarán evitando la pérdida de 8.63 soles; y finalmente por cada sol invertido por el Gobierno se evitará la pérdida de 30.73 soles en la cadena productiva directa de la mandarina en Costa Central.

Tabla 50

Análisis Beneficio Costo (ABC) de la cadena productiva de mandarina en la Costa Central, en escenario de adopción parcial al 30 % de adopción por parte de los productores y con costos altos de control del HLB

| I. Beneficios | Escenario Epidemiológico | Escenario parcial 30 % |
|--|---------------------------------|-------------------------------|
| A. Valor de Producción | /S/ 3,716,952,830.09 | S/ 5,067,183,674.86 |
| B. Pérdida de producción | S/ 2,779,492,361.46 | S/ 1,429,261,516.68 |
| C. Reducción del empleo | S/ 1,463,917,540.22 | 1,130,937,932.32 |
| C.1. Jornales producción | S/ 555,959,787.66 | S/ 429,502,342.47 |
| C.2. Jornales resto cadena | S/ 277,075,961.19 | S/ 214,052,845.21 |
| C.3. Beneficio no logrado | S/ 630,881,791.37 | S/ 487,382,744.63 |
| D. Total pérdidas D = B + C | S/ 4,243,409,901.68 | 2,560,199,449.00 |
| E. Beneficios (pérdidas evitadas escenario B) | | S/ 1,683,210,452.68 |
| II. Costos | | |
| F.-Gobierno | | S/ 54,768,051.10 |
| G.-PROCITRUS | | S/ 4,772,044.42 |
| H.-GOB+PROCITRUS H = F + G | | S/ 59,540,095.51 |
| I.-Productores (costos adicionales de producción) | | S/ 135,466,258.58 |
| J.-Total costos J = H + I | | S/ 195,006,354.09 |
| K.-Costos Netos J = H + I | | S/ 195,006,354.09 |
| L.-Pérdidas netas evitadas (evitados-costos) | | S/ 1,488,204,098.59 |
| M.-Ratio B/C PROCITRUS | | 352.72 |
| N.-Ratio B/C Productores | | 12.43 |
| Ñ.-Ratio B/C (incluye gobierno, Procitrus y productores) | | 8.63 |
| O.-Ratio B/C (sólo gobierno) | | 30.73 |
| P.- Ratio B/C Gobierno + PROCITRUS | | 28.27 |

4.5.3. ABC de la cadena productiva directa de mandarinas, con escenario de adopción parcial de 40 % de los productores y costos de HLB en soles

El Análisis Beneficio – Costo (ABC) para la cadena productiva directa de la mandarina en Costa Central, en forma acumulada del 2024 al 2040 y bajo un contexto de adopción parcial del PNF al 40 % por parte de los productores, muestra una pérdida de producción total de 1,287,733,747.07 soles.

Además, presenta pérdidas por reducción del empleo por un total de 1,019,192,562.66 soles distribuidas en pérdida de jornales por disminución de la producción por un total de 387,064,206.25 soles, pérdida de jornales en el resto de la cadena por un total de 192,902,777.09 soles y por beneficios (ganancias) no logrados por 439,225,579.32 soles.

Con esto, se totaliza una pérdida total de 2,306,926,309.73 soles con montos actualizados (VAN) al año 2023.

Los costos incrementales del Gobierno ascienden a 54,768,051 soles y del PROCITRUS a 4,772,044.42 soles, que sumados a los costos incrementales por parte de los productores por 144,757,302.30 soles, da un total de costos incrementales por los tres agentes (GOBIERNO + PROCITRUS + PRODUCTORES) igual a 204,297,397.81 soles.

Este monto de costo total brinda los siguientes ratios B/C: 13.38 para los productores; 9.48 para el Gobierno + PROCITRUS + Productores y 35.36 para el Gobierno (ver Tabla 51).

Con estos ratios, es posible concluir entonces que, en el caso de los productores, por cada sol invertido en medidas de control y manejo del HLB en sus cultivos, evitarán la pérdida de 13.38 soles para ellos.

En cuanto a los tres agentes en conjunto (Gobierno + PROCITRUS + productores), por cada sol invertido estarán evitando la pérdida de 9.48 soles; y finalmente por cada sol invertido por el Gobierno se evitará la pérdida de 35.36 soles en la cadena productiva directa de la mandarina en Costa Central.

Tabla 51

Análisis Beneficio Costo (ABC) de la cadena productiva de mandarina en la Costa Central, en escenario de adopción parcial al 40 % de adopción por parte de los productores y con costos altos de control del HLB

| I. Beneficios | Escenario Epidemiológico | Escenario parcial 40 % |
|--|---------------------------------|-------------------------------|
| A. Valor de Producción | /S/ 3,716,952,830.09 | S/ 5,208,711,444.48 |
| B. Pérdida de producción | S/ 2,779,492,361.46 | S/ 1,287,733,747.07 |
| C. Reducción del empleo | S/ 1,463,917,540.22 | 1,019,192,562.66 |
| C.1. Jornales producción | S/ 555,959,787.66 | S/ 387,064,206.25 |
| C.2. Jornales resto cadena | S/ 277,075,961.19 | S/ 192,902,777.09 |
| C.3. Beneficio no logrado | S/ 630,881,791.37 | S/ 439,225,579.32 |
| D. Total pérdidas D = B + C | S/ 4,243,409,901.68 | 2,306,926,309.73 |
| E. Beneficios (pérdidas evitadas escenario B) | | S/ 1,936,483,591.95 |
| II. Costos | | |
| F.-Gobierno | | S/ 54,768,051.10 |
| G.-PROCITRUS | | S/ 4,772,044.42 |
| H.-GOB+PROCITRUS H = F + G | | S/ 59,540,095.51 |
| I.-Productores (costos adicionales de producción) | | S/ 144,757,302.30 |
| J.-Total costos J = H + I | | S/ 204,297,397.81 |
| K.-Costos Netos J = H + I | | S/ 204,297,397.81 |
| L.-Pérdidas netas evitadas (evitados-costos) | | S/ 1,732,186,194.13 |
| M.-Ratio B/C PROCITRUS | | 405.80 |
| N.-Ratio B/C Productores | | 13.38 |
| Ñ.-Ratio B/C (incluye gobierno, Procitrus y productores) | | 9.48 |
| O.-Ratio B/C (sólo gobierno) | | 35.36 |
| P.- Ratio B/C Gobierno + PROCITRUS | | 32.52 |

4.5.4. ABC de la cadena productiva directa de mandarinas, con escenario de adopción parcial de 50 % de los productores y costos de HLB en soles

El Análisis Beneficio – Costo (ABC) para la cadena productiva directa de la mandarina en costa central, en forma acumulada del 2024 al 2040 y bajo un contexto de adopción parcial del PNF al 50 % por parte de los productores, muestra una pérdida de producción total de 1,147,030,322.45 soles. Además, presenta pérdidas por reducción del empleo por un total de 908,293,124.46 soles distribuidas en pérdida de jornales por disminución de la producción por un total de 344,947,333.94 soles, pérdida de jornales en el resto de la cadena por un total de 171,912,818.57 soles y por beneficios (ganancias) no logrados por 391,432,971.94 soles. Con esto, se totaliza una pérdida total de 2,055,323,446.90 soles con montos actualizados (VAN) al año 2023. Los costos incrementales del Gobierno ascienden a 54,768,051 soles y del PROCITRUS a 4,772,044.42 soles, que sumados a los costos incrementales por parte de los productores por 161,217,971.22 soles, da un total de costos incrementales por los tres agentes (GOBIERNO + PROCITRUS + PRODUCTORES) igual a 220,758,066.73 soles. Este monto de costo total brinda los siguientes ratios B/C: 13.57 para los productores; 9.91 para el Gobierno + PROCITRUS + Productores y 39.95 para el Gobierno (ver Tabla 52).

Con estos ratios, es posible concluir entonces que, en el caso de los productores, por cada sol invertido en medidas de control y manejo del HLB en sus cultivos, evitarán la pérdida de 13.57 soles para ellos. En cuanto a los tres agentes en conjunto (Gobierno + PROCITRUS + productores), por cada sol invertido estarán evitando la pérdida de 9.91 soles; y finalmente por cada sol invertido por el Gobierno se evitará la pérdida de 39.95 soles en la cadena productiva directa de la mandarina en Costa Central.

Tabla 52

Análisis Beneficio Costo (ABC) de la cadena productiva de mandarina en la Costa Central, en escenario de adopción parcial al 50 % de adopción por parte de los productores y con costos altos de control del HLB

| I. Beneficios | Escenario Epidemiológico | Escenario parcial 50 % |
|--|---------------------------------|-------------------------------|
| A. Valor de Producción | S/ 3,716,952,830.09 | S/ 5,349,414,869.10 |
| B. Pérdida de producción | S/ 2,779,492,361.46 | S/ 1,147,030,322.45 |
| C. Reducción del empleo | S/ 1,463,917,540.22 | 908,293,124.46 |
| C.1. Jornales producción | S/ 555,959,787.66 | S/ 344,947,333.94 |
| C.2. Jornales resto cadena | S/ 277,075,961.19 | S/ 171,912,818.57 |
| C.3. Beneficio no logrado | S/ 630,881,791.37 | S/ 391,432,971.94 |
| D. Total pérdidas D = B + C | S/ 4,243,409,901.68 | 2,055,323,446.90 |
| E. Beneficios (pérdidas evitadas escenario B) | | S/ 2,188,086,454.77 |
| II. Costos | | |
| F.-Gobierno | | S/ 54,768,051.10 |
| G.-PROCITRUS | | S/ 4,772,044.42 |
| H.-GOB+PROCITRUS H = F + G | | S/ 59,540,095.51 |
| I.-Productores (costos adicionales de producción) | | S/ 161,217,971.22 |
| J.-Total costos J = H + I | | S/ 220,758,066.73 |
| K.-Costos Netos J = H + I | | S/ 220,758,066.73 |
| L.-Pérdidas netas evitadas (evitados-costos) | | S/ 1,967,328,388.04 |
| M.-Ratio B/C PROCITRUS | | 458.52 |
| N.-Ratio B/C Productores | | 13.57 |
| Ñ.-Ratio B/C (incluye gobierno, Procitrus y productores) | | 9.91 |
| O.-Ratio B/C (sólo gobierno) | | 39.95 |
| P.- Ratio B/C Gobierno + PROCITRUS | | 36.75 |

4.5.5. ABC de la cadena productiva directa de mandarinas, con escenario de adopción parcial de 75 % de los productores y costos de HLB en soles

El Análisis Beneficio – Costo (ABC) para la cadena productiva directa de la mandarina en Costa Central, en forma acumulada del 2024 al 2040 y bajo un contexto de adopción parcial del PNF al 75 % por parte de los productores, muestra una pérdida de producción total de 795,602,316.45 soles. Además, presenta pérdidas por reducción del empleo por un total de 631,044,528.94 soles distribuidas en pérdida de jornales por disminución de la producción por un total de 239,655,153.16 soles, pérdida de jornales en el resto de la cadena por un total de 119,437,922.29 soles y por beneficios (ganancias) no logrados por 271,951,453.49 soles. Con esto, se totaliza una pérdida total de 1,426,646,845.40 soles con montos actualizados (VAN) al año 2023. Los costos incrementales del Gobierno ascienden a 54,768,051 soles y del PROCITRUS a 4,772,044.42 soles, que sumados a los costos incrementales por parte de los productores por 171,162,420.41 soles, da un total de costos incrementales por los tres agentes (GOBIERNO + PROCITRUS + PRODUCTORES) igual a 230,702,515.92 soles. Este monto de costo total brinda los siguientes ratios B/C: 16.46 para los productores; 12.21 para el Gobierno + PROCITRUS + Productores y 51.43 para el Gobierno (ver Tabla 53).

Con estos ratios, es posible concluir entonces que, en el caso de los productores, por cada sol invertido en medidas de control y manejo del HLB en sus cultivos, evitarán la pérdida de 16.46 soles para ellos. En cuanto a los tres agentes en conjunto (Gobierno + PROCITRUS + productores), por cada sol invertido estarán evitando la pérdida de 12.21 soles; y finalmente por cada sol invertido por el Gobierno se evitará la pérdida de 51.43 soles en la cadena productiva directa de la mandarina en Costa Central.

Tabla 53

Análisis Beneficio Costo (ABC) de la cadena productiva de mandarina en la Costa Central, en escenario de adopción parcial al 75 % de adopción por parte de los productores y con costos altos de control del HLB

| I. Beneficios | Escenario Epidemiológico | Escenario parcial 75 % |
|--|---------------------------------|-------------------------------|
| A. Valor de Producción | S/ 3,716,952,830.09 | S/ 5,700,842,875.09 |
| B. Pérdida de producción | S/ 2,779,492,361.46 | S/ 795,602,316.45 |
| C. Reducción del empleo | S/ 1,463,917,540.22 | 631,044,528.94 |
| C.1. Jornales producción | S/ 555,959,787.66 | S/ 239,655,153.16 |
| C.2. Jornales resto cadena | S/ 277,075,961.19 | S/ 119,437,922.29 |
| C.3. Beneficio no logrado | S/ 630,881,791.37 | S/ 271,951,453.49 |
| D. Total pérdidas D = B + C | S/ 4,243,409,901.68 | 1,426,646,845.40 |
| E. Beneficios (pérdidas evitadas escenario B) | | S/ 2,816,763,056.28 |
| II. Costos | | |
| F.-Gobierno | | S/ 54,768,051.10 |
| G.-PROCITRUS | | S/ 4,772,044.42 |
| H.-GOB+PROCITRUS H = F + G | | S/ 59,540,095.51 |
| I.-Productores (costos adicionales de producción) | | S/ 171,162,420.41 |
| J.-Total costos J = H + I | | S/ 230,702,515.92 |
| K.-Costos Netos J = H + I | | S/ 230,702,515.92 |
| L.-Pérdidas netas evitadas (evitados-costos) | | S/ 2,586,060,540.36 |
| M.-Ratio B/C PROCITRUS | | 590.26 |
| N.-Ratio B/C Productores | | 16.46 |
| Ñ.-Ratio B/C (incluye gobierno, Procitrus y productores) | | 12.21 |
| O.-Ratio B/C (sólo gobierno) | | 51.43 |
| P.- Ratio B/C Gobierno + PROCITRUS | | 47.31 |

4.5.6. ABC de la cadena productiva directa de mandarinas, con escenario de adopción total (100 %) de los productores y costos de HLB en soles

El Análisis Beneficio – Costo (ABC) para la cadena productiva directa de la mandarina en Costa Central, en forma acumulada del 2024 al 2040 y bajo un contexto de adopción parcial del PNF al 100 % por parte de los productores, muestra una pérdida de producción total de 287,227,006.13 soles. Además, presenta pérdidas por reducción del empleo por un total de 228,591,362.71 soles distribuidas en pérdida de jornales por disminución de la producción por un total de 86,813,363.44 soles, pérdida de jornales en el resto de la cadena por un total de 43,265,532.25 soles y por beneficios (ganancias) no logrados por 98,512,467.02 soles. Con esto, se totaliza una pérdida total de 515,818,368.83 soles con montos actualizados (VAN) al año 2023. Los costos incrementales del Gobierno ascienden a 54,768,051 soles y del PROCITRUS a 4,772,044.42 soles, que sumados a los costos incrementales por parte de los productores por 107,521,874.06 soles, da un total de costos incrementales por los tres agentes (GOBIERNO + PROCITRUS + PRODUCTORES) igual a 167,061,969.57 soles. Este monto de costo total brinda los siguientes ratios B/C: 34.67 para los productores; 22.31 para el Gobierno + PROCITRUS + Productores y 68.06 para el Gobierno (ver Tabla 54).

Con estos ratios, es posible concluir entonces que, en el caso de los productores, por cada sol invertido en medidas de control y manejo del HLB en sus cultivos, evitarán la pérdida de 34.67 soles para ellos. En cuanto a los tres agentes en conjunto (Gobierno + PROCITRUS + productores), por cada sol invertido estarán evitando la pérdida de 22.31 soles; y finalmente por cada sol invertido por el Gobierno se evitará la pérdida de 68.06 soles en la cadena productiva directa de la mandarina en Costa Central.

Tabla 54

Análisis Beneficio Costo (ABC) de la cadena productiva de mandarina en la Costa Central, en escenario de adopción parcial al 100 % de adopción por parte de los productores y con costos altos de control del HLB

| I. Beneficios | Escenario Epidemiológico | Escenario parcial 100 % |
|--|---------------------------------|--------------------------------|
| A. Valor de Producción | /S/ 3,716,952,830.09 | S/ 6,209,218,185.42 |
| B. Pérdida de producción | S/ 2,779,492,361.46 | S/ 287,227,006.13 |
| C. Reducción del empleo | S/ 1,463,917,540.22 | 228,591,362.71 |
| C.1. Jornales producción | S/ 555,959,787.66 | S/ 86,813,363.44 |
| C.2. Jornales resto cadena | S/ 277,075,961.19 | S/ 43,265,532.25 |
| C.3. Beneficio no logrado | S/ 630,881,791.37 | S/ 98,512,467.02 |
| D. Total pérdidas D = B + C | S/ 4,243,409,901.68 | 515,818,368.83 |
| E. Beneficios (pérdidas evitadas escenario B) | | S/ 3,727,591,532.84 |
| II. Costos | | |
| F.-Gobierno | | S/ 54,768,051.10 |
| G.-PROCITRUS | | S/ 4,772,044.42 |
| H.-GOB+PROCITRUS H = F + G | | S/ 59,540,095.51 |
| I.-Productores (costos adicionales de producción) | | S/ 107,521,874.06 |
| J.-Total costos J = H + I | | S/ 167,061,969.57 |
| K.-Costos Netos J = H + I | | S/ 167,061,969.57 |
| L.-Pérdidas netas evitadas (evitados-costos) | | S/ 3,560,529,563.27 |
| M.-Ratio B/C PROCITRUS | | 781.13 |
| N.-Ratio B/C Productores | | 34.67 |
| Ñ.-Ratio B/C (incluye gobierno, Procitrus y productores) | | 22.31 |
| O.-Ratio B/C (sólo gobierno) | | 68.06 |
| P.- Ratio B/C Gobierno + PROCITRUS | | 62.61 |

4.5.7. Simulación bajo escenarios de adopción en un contexto de producción tendencial con detención al año 2028

En esta simulación se considera que debido al ingreso del HLB en la Costa Central, la política y los productores optan por mantener estable la producción con referencia al último nivel productivo registrado en el año 2028, debido a los costos incrementales que deben afrontar todos los agentes a causa de la enfermedad. Los resultados completos de este análisis se muestran en el Anexo 9.

4.6. RELACIÓN DE RATIOS B/C SEGÚN PORCENTAJE DE ADOPCIÓN DEL PNF EN PRODUCTORES DE MANDARINA

En la Tabla 55 se presenta el resumen consolidado de ratios de B/C alcanzados en distintos niveles porcentuales de adopción del PNF por parte de los productores de mandarina en la Costa Central. Como se puede observar en la tabla, a mayor porcentaje de adopción de los productores del PNF, mayor será el ratio B/C alcanzado y por ende mayor será el beneficio alcanzado por cada sol invertido.

Tabla 55

Relación B/C en los distintos niveles de adopción del PNF en la cadena productiva de mandarina en Costa Central del Perú

| Escenarios | Adopción parcial 25 % | Adopción parcial 30 % | Adopción parcial 40 % | Adopción parcial 50 % | Adopción parcial 75 % | Adopción parcial 100 % |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Ratio B/C PROCITRUS | 325.76 | 352.72 | 405.80 | 458.52 | 590.26 | 781.13 |
| Ratio B/C Productores | 11.92 | 12.43 | 13.38 | 13.57 | 16.46 | 34.67 |
| Ratio B/C (incluye gobierno, Procitrus y productores) | 8.18 | 8.63 | 9.48 | 9.91 | 12.21 | 22.31 |
| Ratio B/C (sólo gobierno) | 28.38 | 30.73 | 35.36 | 39.95 | 51.43 | 68.06 |
| Ratio B/C Gobierno + PROCITRUS | 26.11 | 28.27 | 32.52 | 36.75 | 47.31 | 62.61 |

Si bien se observa que existe un criterio de aceptabilidad económico – financiero para la formulación y ejecución del proyecto ya que se cumplen con los requerimientos para la factibilidad de proyectos de inversión pública planteados por la entidad gubernamental (ratio B/C > 8.0), es necesario considerar que el ABC realizado responde a una imagen completa del periodo, es decir, involucra los montos, ganancias y pérdidas obtenidas en el periodo 2024 – 2040. Dada esta situación, el análisis se complementa con pruebas anualizadas que comparan los montos de inversión año a año y los ratios B/C alcanzados en el ámbito nacional y macrorregional.

4.6.1. Simulación de factibilidad del PNF según ABC por periodos de inversión

El proyecto de inversión pública para contener el avance del HLB tendría un horizonte total estimado que partiría del año 2024 hasta el año 2040²⁶. Esto implica una inversión

²⁶ Debido a que los presupuestos públicos son aprobados en el mes de octubre del año previo a la ejecución, el proyecto podría ser aplicado también desde el año 2025 según consideración del ente gubernamental.

total por parte del Gobierno de 84,122,975 soles distribuidos anualmente como se observa en la Tabla 46. Además, se prevé un monto de inversión acumulado, año a año, para la vigilancia y control del HLB en la Costa Central y a nivel nacional (ver Tabla 56).

Tabla 56

Inversión anual acumulada por parte del Gobierno del Perú (SENASA) para la vigilancia y control del HLB, a nivel macrorregional y nacional (en soles)

| | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 |
|---------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ámbito | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Nacional | 3,151,829 | 13,357,899 | 32,316,628 | 43,450,807 | 50,693,155 | 54,795,942 | 58,386,954 | 61,586,544 | 64,476,447 |
| Costa Central | 660,140 | 2,797,767 | 6,768,609 | 9,100,626 | 10,617,512 | 11,476,827 | 12,228,952 | 12,899,095 | 13,504,376 |

| | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 |
|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ámbito | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| Nacional | 67,114,813 | 69,544,550 | 71,974,288 | 74,404,025 | 76,833,763 | 79,263,500 | 81,693,238 | 84,122,975 |
| Costa Central | 14,056,973 | 14,565,873 | 15,074,774 | 15,583,674 | 16,092,574 | 16,601,475 | 17,110,375 | 17,619,276 |

Esta inversión tendría su mayor porcentaje acumulado durante los primeros cinco años, sin embargo, esto no garantiza la viabilidad financiera del proyecto en términos de rentabilidad debido a los distintos escenarios de adopción planteados por parte de los productores de mandarina en Costa Central.

En la Tabla 57 se muestran los niveles de rentabilidad obtenida (mediante pérdidas evitadas) en distintos periodos de inversión durante todo el horizonte temporal del proyecto de inversión para PNF.

Tabla 57

Beneficio (por cálculo de pérdidas evitadas) para cinco, diez y diecisiete años de ejecución presupuestal del PIP (en soles) para implementación del PNF contra el HLB.

| Año | Periodo | Adopción 25% | Adopción 30% | Adopción 40% | Adopción 50% | Adopción 75% | Adopción 100% |
|------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2028 | 5 | 150,224,639 | 158,964,753 | 172,416,629 | 184,198,228 | 213,321,670 | 263,631,531 |
| 2033 | 10 | 1,375,551,652 | 1,413,282,798 | 1,484,716,736 | 1,554,480,397 | 1,728,558,996 | 2,031,362,711 |
| 2040 | 17 | 1,554,559,707 | 1,683,210,453 | 1,936,483,592 | 2,188,086,455 | 2,816,763,056 | 3,727,591,533 |

En la Tabla 58 se observa que el proyecto cuenta con rentabilidad y también con viabilidad para inversión pública (ratio B/C mayor a 8.0) en todos los escenarios de

Esto también dependerá del año en que el vector psílido ingrese al Perú y comience su propagación por cultivos cítricos.

adopción parcial (25 %, 30 %, 40 %, 50 % y 75 %) y en el escenario de adopción total (100 %) para un horizonte temporal completo, es decir, con final del proyecto al 2040. De igual forma, se cuenta con viabilidad en escenarios de adopción parcial y adopción total para un escenario donde se financie un proyecto de PNF a diez años, es decir con final al 2033. Sin embargo, se puede ver que si el proyecto contara con inversión únicamente por cinco años (al 2028), no resultaría rentable ni viable para inversión pública en ningún escenario de adopción parcial o adopción total, al no superar el 8.0 % requerido por el ente gubernamental.

Tabla 58

Ratios B/C por periodos de financiamiento del proyecto de inversión pública para implementación del PNF contra el HLB a cinco, diez y diecisiete años

| Año | Periodo | Adopción 25% | Adopción 30% | Adopción 40% | Adopción 50% | Adopción 75% | Adopción 100% |
|-------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 2028 | 5 | 3.0 | 3.1 | 3.4 | 3.6 | 4.2 | 5.2 |
| 2033 | 10 | 20.5 | 21.1 | 22.1 | 23.2 | 25.8 | 30.3 |
| 2040 | 17 | 18.5 | 20.0 | 23.0 | 26.0 | 33.5 | 44.3 |

Dado que a partir del periodo once de inversión (año 2034) los costos incrementales del gobierno se abocan exclusivamente a gastos de mantenimiento y evaluación manteniéndose constantes hasta el final del horizonte temporal del proyecto (año 2040), los ratios B/C irán en aumento paulatino desde dicho periodo hasta el año final.

4.6.2. Simulación de variación de precios al productor y ejecución del Programa Nacional Fitosanitario

Las simulaciones de variación en precios al productor en tendencia a la baja indican que, si la variación de precios se da en – 10 % y – 20 %, manteniendo los costos de monitoreo y control del HLB utilizados anteriormente, la relación existente entre variación de precios y variación de costos de mandarina es directa, comprobándose así que a menor precio tenga la mandarina menor será la relación B/C. Sin embargo, en todos los escenarios simulados la relación continúa siendo positiva (ver Tabla 59).

Tabla 59

Simulación de ratios B/C tras variación negativa en precios al productor de mandarina y costos constantes en la cadena productiva directa de mandarina

| Escenarios | Adopción parcial 25 % | | | Adopción parcial 30 % | | | Adopción parcial 40 % | | | Adopción parcial 50 % | | | Adopción parcial 75 % | | | Adopción parcial 100 % | | |
|---------------------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|
| | 0% | -10% | -20% | 0% | -10% | -20% | 0% | -10% | -20% | 0% | -10% | -20% | 0% | -10% | -20% | 0% | -10% | -20% |
| Variación | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Porcentual | 0% | -10% | -20% | 0% | -10% | -20% | 0% | -10% | -20% | 0% | -10% | -20% | 0% | -10% | -20% | 0% | -10% | -20% |
| precio | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Variación de | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Precios | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| Ratio B/C | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROCITRUS | 325.8 | 221.1 | 116.4 | 352.7 | 246.5 | 140.4 | 405.8 | 296.6 | 187.5 | 458.5 | 346.4 | 234.3 | 590.3 | 470.8 | 351.3 | 781.1 | 651.0 | 520.9 |
| Ratio B/C | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Productores | 11.9 | 8.1 | 4.3 | 12.4 | 8.7 | 4.9 | 13.4 | 9.8 | 6.2 | 13.6 | 10.3 | 6.9 | 16.5 | 13.1 | 9.8 | 34.7 | 28.9 | 23.1 |
| Ratio B/C | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (incluye | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gobierno, | 8.2 | 5.6 | 2.9 | 8.6 | 6.0 | 3.4 | 9.5 | 6.9 | 4.4 | 9.9 | 7.5 | 5.1 | 12.2 | 9.7 | 7.3 | 22.3 | 18.6 | 14.9 |
| Procitrus y | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| productores) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ratio B/C | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (sólo | 28.4 | 19.3 | 10.1 | 30.7 | 21.5 | 12.2 | 35.4 | 25.8 | 16.3 | 40.0 | 30.2 | 20.4 | 51.4 | 41.0 | 30.6 | 68.1 | 56.7 | 45.4 |
| gobierno) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ratio B/C | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gobierno + | 26.1 | 17.7 | 9.3 | 28.3 | 19.8 | 11.2 | 32.5 | 23.8 | 15.0 | 36.7 | 27.8 | 18.8 | 47.3 | 37.7 | 28.2 | 62.6 | 52.2 | 41.7 |
| PROCITRUS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Asimismo, en un escenario de variación en precios al productor en tendencia a la subida indican que, si la variación de precios se da en + 10 % y + 20 %, manteniendo los costos de monitoreo y control del HLB utilizados anteriormente, la relación existente entre variación de precios y variación de costos de mandarina es directa, comprobándose así que a mayor precio tenga la mandarina mayor será la relación B/C (ver Tabla 60).

Tabla 60

Simulación de ratios B/C tras variación positiva en precios al productor de mandarina y costos constantes en la cadena productiva directa de mandarina

| Escenarios | Adopción parcial 25 % | | | Adopción parcial 30 % | | | Adopción parcial 40 % | | | Adopción parcial 50 % | | | Adopción parcial 75 % | | | Adopción parcial 100 % | | | |
|---|-----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|------------------------|-------|--------|--|
| | 0% | +10% | +20% | 0% | +10% | +20% | 0% | +10% | +20% | 0% | +10% | +20% | 0% | +10% | +20% | 0% | +10% | +20% | |
| Variación Porcentual precio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Variación de Precios | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | |
| Ratio PROCITRUS B/C | 325.8 | 430.4 | 535.1 | 352.7 | 458.9 | 565.1 | 405.8 | 514.9 | 624.1 | 458.5 | 570.6 | 682.7 | 590.3 | 709.7 | 829.2 | 781.1 | 911.2 | 1041.4 | |
| Ratio Productores B/C | 11.9 | 15.7 | 19.6 | 12.4 | 16.2 | 19.9 | 13.4 | 17.0 | 20.6 | 13.6 | 16.9 | 20.2 | 16.5 | 19.8 | 23.1 | 34.7 | 40.4 | 46.2 | |
| Ratio (incluye gobierno, Procitrus y productores) B/C | 8.2 | 10.8 | 13.4 | 8.6 | 11.2 | 13.8 | 9.5 | 12.0 | 14.6 | 9.9 | 12.3 | 14.8 | 12.2 | 14.7 | 17.2 | 22.3 | 26.0 | 29.7 | |
| Ratio B/C (sólo gobierno) | 28.4 | 37.5 | 46.6 | 30.7 | 40.0 | 49.2 | 35.4 | 44.9 | 54.4 | 40.0 | 49.7 | 59.5 | 51.4 | 61.8 | 72.2 | 68.1 | 79.4 | 90.7 | |
| Ratio Gobierno + PROCITRUS B/C | 26.1 | 34.5 | 42.9 | 28.3 | 36.8 | 45.3 | 32.5 | 41.3 | 50.0 | 36.7 | 45.7 | 54.7 | 47.3 | 56.9 | 66.5 | 62.6 | 73.0 | 83.5 | |

En cuanto a la ejecución del Programa Nacional Fitosanitario como PIP y su fecha de inicio, se observa que, si el PNF se ejecuta desde el año 2025 por aprobación del presupuesto fiscal entre los meses de agosto y noviembre del 2024²⁷, la aplicación de política pública seguiría teniendo factibilidad financiera y económica (ver Tabla 61).

²⁷ Según lo indicado en el portal informativo del Ministerio de Economía del Perú (MEF – Perú) el Presupuesto Público se constituye de cuatro etapas: Programación y formulación (entre enero y agosto), Aprobación (entre agosto y noviembre), ejecución y evaluación (ambas etapas ejecutadas de enero a diciembre del año siguiente).

Tabla 61

Simulación de ratios B/C tras variación en el año de inicio de la ejecución del PNF como proyecto de inversión pública según porcentaje de adopción del PNF

| | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 |
|-------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ámbito | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Nacional | 3,151,829 | 13,357,899 | 32,316,628 | 43,450,807 | 50,693,155 | 54,795,942 | 58,386,954 | 61,586,544 |
| Ratio B/C (25 %) | -422.56 | -63.31 | -12.40 | 0.06 | 2.96 | 9.01 | 13.52 | 19.02 |
| Ratio B/C (30 %) | -422.41 | -63.21 | -12.32 | 0.15 | 3.14 | 12.52 | 16.44 | 19.31 |
| Ratio B/C (40 %) | -422.12 | -63.01 | -12.17 | 0.33 | 3.40 | 12.85 | 16.87 | 19.88 |
| Ratio B/C (50 %) | -421.83 | -62.81 | -12.02 | 0.51 | 3.63 | 13.17 | 17.31 | 20.45 |
| Ratio B/C (75 %) | -421.10 | -62.32 | -11.63 | 0.97 | 4.21 | 13.98 | 18.40 | 21.89 |
| Ratio B/C (100 %) | -421.22 | -62.11 | -11.28 | 1.57 | 5.20 | 15.42 | 17.89 | 24.57 |

| | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ámbito | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Nacional | 64,476,447 | 67,114,813 | 69,544,550 | 71,974,288 | 74,404,025 | 76,833,763 | 79,263,500 | 81,693,238 |
| Ratio B/C (25 %) | 20.72 | 20.50 | 22.51 | 22.52 | 22.07 | 21.36 | 20.54 | 19.66 |
| Ratio B/C (30 %) | 21.13 | 21.06 | 23.12 | 23.24 | 22.93 | 22.39 | 21.72 | 20.97 |
| Ratio B/C (40 %) | 21.95 | 22.12 | 24.34 | 24.68 | 24.65 | 24.45 | 24.09 | 23.60 |
| Ratio B/C (50 %) | 22.77 | 23.16 | 25.55 | 26.12 | 26.38 | 26.50 | 26.45 | 26.23 |
| Ratio B/C (75 %) | 24.82 | 25.76 | 28.59 | 29.72 | 30.69 | 31.65 | 32.36 | 32.81 |
| Ratio B/C (100 %) | 28.32 | 30.27 | 33.83 | 35.90 | 37.82 | 39.69 | 41.26 | 42.49 |

Bajo el supuesto de detener la producción de mandarina para el año 2028, cuatro años después del ingreso del HLB al Perú, la simulación indica que la aplicación del PNF continúa siendo factible tanto financiera como económicamente para la ejecución de política pública. El detalle de este cálculo se puede visualizar en el Anexo 10 del presente documento.

Es necesario destacar también que la presente investigación no contempla los posibles escenarios o simulaciones de ratios B/C a partir de la amplia variedad de mandarinas existentes en el mercado, sino que evalúa de forma agregada el impacto en el cultivo del cítrico. Considerando las características organolépticas del fruto y su destino final en la cadena productiva (comercio interno o exportación), se podría evaluar si el impacto económico en función a pérdidas potenciales se incrementa, disminuye o se mantiene relativamente constante dependiendo de la variedad de mandarina que se analice, su destino comercial y la magnitud del impacto económico negativo en costos productivos

y precios de venta, dados los diferentes niveles de afectación posibles a la calidad de cada variedad del cítrico tras el ingreso de la enfermedad al cultivo.

4.7. SINTESIS DE RESULTADOS

En cuanto al perfil del productor de mandarina ubicado en la Costa Central del Perú, este en su mayoría cumple el rol de padre de familia y jefe del hogar, cuenta como mínimo con estudios de secundaria completa, percibe más de 1,500 soles en promedio por la actividad que realiza y ejerce su actividad agrícola en una chacra de su propiedad. En torno a la extensión de las unidades agropecuarias revisadas, en su mayoría caen en la clasificación de pequeñas (menos de 10 ha) y poseen predominancia de los árboles jóvenes y adultos (entre 3 y 10 años, en adelante). El grueso de la producción se destina al acopiador regional y al autoconsumo, mientras que el punto de adquisición de los cultivos es en su mayoría los viveros informales. La mayor proporción de mandarina producida va al mercado local, seguido de los mercados mayoristas y posteriormente de las empresas exportadoras del cítrico. En cuanto a la modalidad de pago, gran parte de los productores opta por el pago al contado. Entre los principales riesgos identificados ante el potencial ingreso del HLB en la Costa Central, se ubicaron la poca frecuencia en los trabajos destinados a la evaluación de plagas, el alto movimiento de mercancías que existe en las unidades agropecuarias, la informalidad de la fuente de adquisición de plántones, y la corta distancia que existe en un gran grupo de unidades con las carreteras principales de ingreso y salida al pueblo.

Por otro lado, la aplicación de un Programa Nacional Fitosanitario para el control del HLB resulta viable según el ABC estimado por pérdidas evitadas. Ante un escenario de adopción total del PNF por parte de los productores (100 % de adoptantes), las pérdidas económicas en toda la cadena productiva directa de mandarina ascenderían únicamente al 7 % del valor total de la producción en un escenario tendencial. Para niveles de adopción parcial al 25 %, 30 %, 40 %, 50 % y 75 % por parte de los productores, las pérdidas económicas proyectadas alcanzarían el 61 %, 58 %, 51 %, 44 % y 27 % respectivamente. En cuanto a la aplicación de un PNF, el resultado del análisis Beneficio – Costo variará en base al nivel de adopción por parte de los productores en relación directa al porcentaje de productores adoptantes. Para un porcentaje de adopción del 25 %, 30 %, 40 %, 50 % y 75 % los ratios B/C para productores serían 11.92; 12.43; 13.38; 13.57; y 16.46 respectivamente; para un escenario de adopción al 100 % el ratio B/C sería

de 34.67. Para el caso del ABC que incluya a todos los actores principales que participarían de la ejecución de este PNF (gobierno, PROCITRUS y productores) los ratios B/C para un porcentaje de adopción del 25 %, 30 %, 40 %, 50 % y 75 % serían 8.18; 8.63; 9.48; 9.91 y 12.21 respectivamente; para un escenario de adopción total al 100 % de productores adoptantes el ratio B/C para los tres actores involucrados sería de 22.31. Estos ratios hallados demuestran la viabilidad de la política pública y permiten la elaboración de un proyecto de inversión pública (PIP) que contenga el avance de la enfermedad tras su potencial ingreso al Perú.

4.8. DISCUSIÓN

Neupane *et al.* (2016) indica la poca efectividad de las medidas de contención del HLB en los cultivos cítricos de Florida (Estados Unidos), concluyendo que la enfermedad afecta la producción y el rendimiento de los huertos con alto impacto negativo, proyectándose así la pérdida parcial y casi total de la producción de cítricos en diversos condados del Estado de Florida, casi con 90 % - 100 % de probabilidades. Sin embargo, esta afirmación se aleja de lo suscrito en la presente investigación tras haber comprobado que el impacto económico del HLB en cultivos cítricos puede ocasionar pérdidas limitadas de hasta un 20 % gracias a la aplicación de un PNF que permita neutralizar a la enfermedad desde sus etapas tempranas.

Li *et al.* (2020) resalta también la situación del Estado de Florida ubicado en la costa Este de los Estados Unidos como factor de agravamiento para el contagio del HLB en sus cultivos cítricos. Refleja que, por tratarse del mayor productor de cítricos del país norteamericano, la ciudad costera se encontraba más propensa a la enfermedad por su alto nivel de comercio terrestre y marino, y por ser una vía de ingreso directo al país. Esta situación se acerca altamente a la identificada en la Costa Central del Perú (departamentos de Lima e Ica), por lo que el análisis emprendido por Li *et al.* (2020) se aproxima mucho a lo proyectado para el caso de la mandarina en la Costa Central peruana.

En cuanto al nivel de propagación de la enfermedad sin control alguno, los resultados estiman que en un cultivo de mandarinas en la Costa Central peruana el HLB puede afectar entre el 15 % y 25 % de los árboles presentes en una hectárea. Esta información se aleja con la recopilada por Robles-González *et al.* (2013) quienes estimaron que, en un huerto sin control del vector, la enfermedad superó con facilidad el 50 % de afectación a los árboles de un cultivo de limón en el Estado de Colima (México) tras la realización de

una investigación de campo en cultivos infectados. Este resultado difiere de lo estimado en el estudio de prospectiva realizado, y puede reflejar que tras el ingreso confirmado del HLB en un cultivo los resultados de impacto pueden superar las estimaciones realizadas con los modelos predictivos, lo cual reforzaría la necesidad de un PNF de contención desde etapas tempranas de la enfermedad.

Gómez-Correa *et al.* (2021) expone que en el caso colombiano la mayor parte de pérdidas registradas por los productores a causa del HLB en el periodo 2016 – 2020 en Ponedera, municipio del departamento del Atlántico, fue causada por la falta de control al *psílido* asiático, seguido de problemas en la fertilización o en los mecanismos de riego utilizados en sus cultivos. Esto se aleja del análisis cualitativo realizado con productores de mandarina en la Costa Central peruana, donde el factor de riesgo principal recayó en la procedencia de los plántones al ser comprados en viveros informales, y en el nivel de tránsito de mercancías que se lleva a cabo en los cultivos. Esta información podrá ser contrastada una vez que la enfermedad confirme su ingreso al Perú.

García-Cruz (2021) analiza como principal riesgo de impacto para el caso ecuatoriano el ingreso de importaciones con mercancía que propague la enfermedad, seguido del poco control fronterizo en cuestiones de salubridad y saneamiento. Esto se asemeja con el análisis de la mandarina en Costa Central peruana dado el alto volumen de importación de fertilizantes realizadas y de volúmenes de mandarina exportadas a mercados internacionales. Esto junto a las pocas regulaciones fronterizas significan un gran riesgo para la diseminación de la enfermedad y un fácil ingreso por los puertos costeros.

En cuanto al nivel de aceptación por parte de los productores a una posible injerencia gubernamental mediante la aplicación de política pública, Vera (2016) indica que en el caso mexicano se tomó como gran reto incentivar la participación de los dueños de cultivos cítricos para que acaten el PNF y confirmen su participación en la ejecución de la política pública. Para el caso de la mandarina en Costa Central peruana, los productores reflejaron alta disposición a la eliminación de sus plántones ante la confirmación de una infección con HLB, por lo que se presume buena predisposición también a la ejecución de un PNF liderado por la entidad gubernamental. Este resultado se acercaría a lo indicado por el autor mexicano.

En referencia a los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede visualizar que con el aumento en el porcentaje de adopción del PNF por parte de los productores, el

ABC refleja también un aumento en sus ratios B/C lo cual concluye la necesidad de incentivar la participación de la mayor parte de actores pertenecientes a la cadena productiva directa de mandarina en la Costa Central. Con un 25 % de productores adoptantes, el ratio B/C productores muestra que por cada sol invertido se evitará la pérdida de 11.92 soles superándose así la tasa de descuento social mínima fijada por el gobierno (8 %). Para un caso de adopción total (100 %) por parte de los productores, el ratio B/C asciende a 34.67, más de tres veces el ratio obtenido en un porcentaje de adopción del 25 % de productores con lo cual se evidencia la relación directa entre el porcentaje de adopción y el nivel de B/C alcanzado en torno a las pérdidas evitadas.

A diferencia del caso brasilero presentado por Miranda Galvão *et al.* (2012), en donde al internalizar los costos adicionales de los productores a la estimación de los ratios B/C el resultado disminuye al punto de la no factibilidad (menor al 8 %); para el ABC del caso peruano, específicamente para el cítrico mandarina, en todos los casos de adopción parcial del PNF por parte de los productores se aprecia la factibilidad del PNF para la aplicación de la política pública, aun habiéndose incluido al análisis los costos incrementales asumidos por los productores tras la ejecución del Programa Nacional Fitosanitario (para un porcentaje de adopción del 25 %; ratio B/C: 11.92).

V. CONCLUSIONES

La investigación tuvo como objetivo determinar las pérdidas económicas en los eslabones directos de la cadena productiva de la mandarina que se generarían por el ingreso del HLB en Costa Central del Perú al no tener un Programa Nacional Fitosanitario de prevención, monitoreo y supervisión de la enfermedad; para lo cual se comprobaron los siguientes objetivos específicos:

- i. La cadena productiva de mandarina en Costa Central está conformada por actores involucrados directa e indirectamente en la actividad productiva del cítrico. Se determinó que la producción de mandarina es explicada por factores de índole agronómico, económico y coyuntural debido a la alta volatilidad de su producción por parte de las unidades agropecuarias que buscan migrar constantemente de cultivo ante variaciones en el precio y otras condiciones de mercado a pesar de tratarse de cultivos no transitorios que dificultan la migración rápida a otros cultivos más rentables. También se concluyó que la mayoría de productores no se encuentran organizados ya que la mayoría de unidades agropecuarias analizadas son pequeñas (menor a 10 ha); además no realizan un control de plagas adecuado y no adquieren sus plántones en viveros formales. Se identificó un alto riesgo de propagación ante el ingreso del HLB debido a la elevada informalidad en las actividades productivas, así como también en los distritos con mayor exposición al comercio, tránsito de otros cultivos en la unidad agropecuaria y cercanía al centro poblado o carretera principal.
- ii. Para la proyección de la producción de mandarina al año 2040 se trabajaron tres escenarios alternativos: producción tendencial sin HLB, producción tendencial con presencia del HLB y sin PNF, y producción tendencial con presencia del HLB y con PNF aplicado. Este último escenario a su vez contó con una desagregación en subescenarios que evaluaban el porcentaje de adaptación del PNF por parte de los productores bajo distintos niveles de adopción (25 %, 30 %, 40 %, 50 %, 75 % y adopción total al 100 %). Se obtuvo que en el escenario sin implementación del PNF, se alcanzarían pérdidas del 78 % en relación a la producción tendencial. Sin embargo, en escenarios donde si se implementa un PNF, las pérdidas de producción

al 2040 equivalen al 7 % en un contexto de adopción total por parte de los productores, y al 61 %, 58 %, 51 %, 44 % y 27 % para los escenarios de adopción parcial al 25 %, 30 %, 40 %, 50 % y 75 % de productores adoptantes del PNF.

- iii. El Análisis Beneficio Costo (ABC) de los escenarios planteados ante el posible ingreso del HLB en la Costa Central del Perú (departamentos de Lima e Ica), utilizó el criterio de beneficios logrados como pérdidas económicas evitadas en la cadena productiva de mandarina debido a la existencia del PNF, evidenciando así los diversos impactos de implementar una política pública. Sobre la base de las simulaciones realizadas en cada uno de los escenarios planteados, se confirma el impacto socioeconómico negativo ante el ingreso del HLB en Costa Central, y la reducción del impacto económico mediante la aplicación de un PNF. Este proyecto de implementación del PNF resulta viable a partir del sexto año de actuación, puesto que los ratios B/C encontrados superan la tasa social de descuento del 8 % requerida para los proyectos de inversión pública de índole social. El estudio demuestra así que la implementación de un PNF mitigaría las pérdidas económicas de la cadena productiva directa de la mandarina en Costa Central, y que por el contrario la no implementación de este plan originaría consecuencias negativas a nivel agrario, por la reducción de rendimientos en árboles de mandarina; a nivel económico, por las pérdidas de producción y jornales de trabajo; y a nivel social, debido al descontento y perjuicio de los actores pertenecientes a la cadena productiva que en su mayoría cuentan con sembríos pequeños y que no podrían hacer frente a los costos de producción con cultivos infectados por el HLB, por lo que muy probablemente migrarían a otro cultivo u optarían únicamente por la producción para autoconsumo, afectando así la industria cítrica nacional.

Finalmente, y en la línea de lo consignado como objetivo general de esta investigación, se obtuvo que las pérdidas económicas en la cadena productiva directa de mandarina en la Costa Central del Perú aumentan inversamente proporcional al porcentaje de adopción del PNF por parte de los productores de mandarina. Es decir, en un escenario en el que no existiese un plan de contención (escenario epidemiológico) por parte del Gobierno, las pérdidas económicas estimadas serían por 4,243,409,901.68 soles; a diferencia de los escenarios de adopción parcial, en donde al 25 % de productores adoptantes las pérdidas económicas ascenderían a 2,688,850,194.81 soles; a un 50 % de productores adoptantes las pérdidas serían por 2,055,323,446.90 soles; y en un escenario en el que el porcentaje

de adoptantes pudiera alcanzar el 75 % de productores, las pérdidas económicas serían de 1,426,646,845.40.

En conclusión, se aceptaría que ante un posible ingreso del Huanglongbing (HLB) al Perú, las pérdidas económicas de toda la cadena productiva de mandarina en la Costa Central (departamentos de Lima e Ica) serían mayores a los costos de implementación de un Programa Nacional Fitosanitario (PNF) de vigilancia, control y manejo de la enfermedad, lo cual sustentaría la aplicación de políticas públicas.

Además, se debe tener en cuenta que las pérdidas económicas presentadas por la falta de un PNF serían incluso mayores de no explorarse las concatenaciones existentes con las actividades de otros sectores relacionados a los impactos de la enfermedad en cultivos de cítricos, tales como los sectores de salud, farmacéutica, industrial, turismo, gastronomía, entre otros que se registran en la matriz insumo – producto entre el sector agropecuario y su interrelación con otros sectores económicos.

VI. RECOMENDACIONES

Como cierre de la presente investigación, se postulan las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda a las Direcciones Regionales de Agricultura de Lima e Ica, al Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA) y al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) dedicar especial énfasis al fortalecimiento de sus instrumentos de campo para la recolección de información primaria en unidades agropecuarias, de manera que exista mayor disponibilidad de información relacionada al sector agropecuario y se pueda ayudar a la elaboración de trabajos de prospectiva que permitan prevenir sucesos perjudiciales para el sector y sus agentes económicos.
2. Promover desde las Direcciones Regionales la asociatividad de los productores de mandarina y de cítricos en general con políticas de incentivos a aquellos que pertenezcan a asociaciones o gremios de productores. Esto permitirá que las políticas aplicadas para el control y erradicación del HLB sean más adoptadas por los productores y se incurran en menos costos por parte del Gobierno o de asociaciones que financien esta iniciativa de política pública.
3. Puesto que el Perú aun no registra HLB en sus cultivos cítricos, no existen registros de costos de control y manejo de la enfermedad en el país. Por la misma razón no existen parámetros de severidad e incidencia en plantaciones de cítricos nacionales, por lo que se recomienda actualizar los cálculos efectuados cuando se registre y confirme el ingreso del HLB en cosechas agrícolas peruanas, de manera que podrán calcularse nuevos costos incrementales y estimar nuevos ratios B/C que justifiquen la implementación de políticas públicas más focalizadas.
4. Se recomienda implementar desde el Gobierno, lo antes posible, un proyecto de prevención y vigilancia del HLB en el Perú, que permita levantar información técnica en estadios tempranos de la enfermedad y luchar así contra su propagación de manera eficiente e incurriendo en menores costos incrementales.
5. Finalmente, se recomienda continuar con los estudios que evalúen el impacto económico y las repercusiones en las cadenas productivas de cítricos potencialmente afectados por el ingreso del HLB al Perú, para abordar de manera

agregada los efectos nocivos potenciales en la economía peruana y su respectivo impacto en los sectores asociados a la actividad agrícola y de cultivo de cítricos a nivel nacional.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ADEX Data Trade (2022) Portal estadístico de la Asociación de Exportadores
- Aguilar Cruz, L. C. (2018). Efecto de la contracción de la oferta en el precio y consumo de limón en el Fenómeno del Niño (trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Economista). Universidad de Lima. Obtenido de <http://repositorio-anterior.ulima.edu.pe/handle/ulima/8029>
- Ayres, R. U., y Kneese, A. V. (1969). Production, Consumption, and Externalities. *The American Economic Review*, 59(3), 282–297. <http://www.jstor.org/stable/1808958>
- Banco Mundial (2022) DataBank, Indicadores de Desarrollo Mundial.
- Banco Mundial (2018) Tomando impulso en la agricultura peruana: Oportunidades para aumentar la productividad y mejorar la competitividad del sector. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/03/01/banco-mundial-presenta-estudio-sobre-agricultura-en-el-peru>
- Bassanezi, Belasque y Barbosa. (s.f.). *Projeção da produção de laranja no estado de São Paulo e Sul do Triângulo Mineiro considerando diferentes cenários de controle do Huanglongbing*.
- Bassanezi, R. B., y Bassanezi, R. C. (2008). *An approach to model the impact of Huanglongbing on citrus yield*.
- Blanco, A., y Díaz, D. (2005). El bienestar social: su concepto y medición. *Psicothema*, 17(4). Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72717407>. ISSN: 0214-9915.
- Brlansky, R.H., Chung, K.R. y Rogers, M.E. (2008). Florida Citrus Pest Management Guide: Huanglongbing (Citrus Greening). University of Florida. DOI: [10.22004/ag.econ.256456](https://doi.org/10.22004/ag.econ.256456)
- Buck, D., Getz, C., y Guthman, J. (1997). From farm to table: The organic vegetable commodity chain of Northern California. *Sociologia ruralis*, 37(1), 3-20. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-9523.00033>
- Casas, F. (1996). Bienestar social. Una introducción psicosociológica. Barcelona: PPU. URL: <http://hdl.handle.net/11447/5756>

- Cely, A. V. (1999). Metodología de los escenarios para estudios prospectivos. *Ingeniería e Investigación*, (44), 26-35. DOI: <https://doi.org/10.15446/ing.investig>
- Cox-Tamay, L. y Heredia-Campos, E. (2020). Epidemias en la agricultura ¡Las plantas también se enferman! Centro de Investigación Científica de Yucatán, AC, 187-193. Obtenido de http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/ . ISSN: 2395-8790
- Convención de Ramsar, O. D. L. C. (1997). Valoración económica de los humedales. *Guía para decisores y planificadores*. ISBN: 2-940073-25-2
- Delacámara, G. (2008). Análisis económico de externalidades ambientales. *Guía para decisores*. URL: <https://hdl.handle.net/11362/3624>
- Diario Gestión. (2018). Minagri: Perú se consolida como el principal país exportador de mandarinas en América. Obtenido de: <https://gestion.pe/economia/minagri-peru-consolida-principal-pais-exportador-mandarinas-america-246288-noticia/?ref=ges>
- Diario Gestión. (2019). Procitrus: mandarinas peruanas llegarían este año a Japón y la India. Obtenido de: <https://gestion.pe/economia/procitrus-mandarinas-peruanas-llegarian-ano-japon-india-259788-noticia/>
- FAO. (2021). Gestión Regional del Huanglongbing (HLB) en América Latina y el Caribe. Obtenido de: <http://www.fao.org/americas/prioridades/hlb/es/>
- FAO. (2013). Marco Estratégico para la Gestión Regional del Huanglongbing en América Latina y el Caribe. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a-i3319s.pdf>
- García Cruz, I. M. (2021). Análisis del riesgo de introducción del huanglongbing de los cítricos-HLB plaga cuarentenaria para el Ecuador (Master's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; UTC.). URL: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7612>
- Gereffi, G. (1994). The organization of buyer-driven global commodity chains: How US retailers shape overseas production networks. *Commodity chains and global capitalism*, 95-122. ISBN: 0-275-94573-1
- Gereffi, G. (2001). Las cadenas productivas como marco analítico para la globalización. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 32(125). DOI: <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2001.125.7389>
- Gómez-Correa, J. C., Robledo-Buriticá, J., Parra-Fuentes, M., Brochero-Bustamante, C. E., Guzmán-Sánchez, L. F., y Pérez-Artiles, L. (2021). Caracterización del sistema productivo de cítricos, con énfasis en la enfermedad Huanglongbing, en Ponedera, Atlántico. *Temas Agrarios*, 26(2), 170-181. DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v26i2.2889>

- Guadalupe, K. (2022). *Impacto económico en la cadena productiva directa de la naranja por el ingreso del Huanglongbing, prospectiva 2040 – Departamento de Junín* (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina). URL: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5569>
- Halbert S., Manjunath K., Ramadugu C., Brodie M., Webb S., Lee R. (2010). Trailers transporting oranges to processing plants move Asian citrus psyllids. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.093.0104>
- Hodges, A. y Spreen, T. (2012). Economic impacts of citrus greening (HLB) in Florida, 2006/07 to 2010/2011. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Obtenido de: <http://edis.ifas.ufl.edu/>. EDIS: FE903
- IICA (2018). Evaluación de potenciales pérdidas económicas en la cadena de cítricos por el ingreso de la enfermedad Huanglongbing (HLB) en el Perú. (Estudio de investigación inédito).
- INEI. (2012). *IV Censo nacional agropecuario 2012*. Obtenido de: <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>
- Laffont, J. J. (1989). Externalities. Allocation, Information and Markets (pp. 112-116). Palgrave Macmillan, London. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-349-20215-7_11
- León, G. A. (2015). Huanglongbing y leprosis, enfermedades de importancia económica y cuarentenaria para el cultivo de los cítricos en Latinoamérica. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/281112061_Huanglongbing_y_leprosis_enfermedades_de_importancia_economica_y_cuarentenaria_para_el_cultivo_de_los_citricos_en_Latinoamerica
- Li, S., Wu, F., Duan, Y., Singerman, A., y Guan, Z. (2020). Citrus greening: Management strategies and their economic impact. *HortScience*, 55(5), 604-612. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14696-19>
- Malpica, P. D. G. (2018). Tributación ambiental como instrumento económico ante la externalidad negativa producida por la contaminación en Perú. *Quipukamayoc*, 26(50), 109-119. DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/quipu.v26i50.14730>
- Mankiw, Nicholas Gregory (2012) Principles of Economics, Sixth Edition
- Miklos, T., y Tello, M. (2007). Planeación prospectiva y estratégica. Documento procedente del V Encuentro de Estudios Prospectivos.
- MIDAGRI. Dirección General de Competitividad Agrícola (DGCA). Perú: Un campo fértil para sus inversiones. URL: <http://repositorio.minagri.gob.pe/jspui/handle/MINAGRI/385>

- MIDAGRI. Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos – OEEE (2014). Obtenido en:
<https://www.midagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2014?download=5435:informe-la-mandarina-peruana-abril-2014>
- MIDAGRI. (2022). Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (SIEA) del Perú.
- Ministerio de Economía y Finanzas – MEF (s.f.). Glosario. Consultado en línea el 28 de marzo del 2020 y disponible en <https://www.mef.gob.pe/es/glosario-de-inversion-publica>
- Miranda Galvão, S. H., Adami Oliveira, A. C., y Bassanezi Beozzo, R. (2012). Economic impacts of Huanglongbing disease in São Paulo State. Conference Paper/ Presentation. DOI: <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.126501>
- Neupane, D., Moss, C. B., y van Bruggen, A. H. (2016). Estimating citrus production loss due to citrus huanglongbing in Florida (No. 1376-2016-109623).
- Newcomer, K. E., Hatry, H. P., y Wholey, J. S. (2015). Cost-effectiveness and cost-benefit analysis. *Handbook of practical program evaluation*, 636. DOI: [10.1002/9781119171386](https://doi.org/10.1002/9781119171386)
- Oliveira Carvalhal, J. M., Nascimento Souza, A., Miranda Galvão, S. H., Barbosa, C., y Laranjeiras Ferraz, F. (2013). Estimativa dos impactos econômicos decorrentes de eventual introdução do Huanglongbing (HLB) no estado da Bahia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 755-762.
- Ortiz de Zevallos, G. y Guerra-García, G. (1998). Análisis Costo Beneficio de las Normas. (pp. 42). Perú: Usaid. Instituto Apoyo. [ISBN: 9972-649-16-4](https://doi.org/10.1002/9781119171386)
- Parra, Hernández, Durán y López. (1999). Modelos alternativos para el análisis epidemiológico de la obesidad como problema de salud pública. *Revista de Saúde Pública*, 33, 314-325. Obtenido de: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-242039>
- Pena-Trapero, B. 2009. La medición del bienestar social: una revisión crítica. *Estudios de Economía aplicada*, 27(2), 299-324. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3056844> ISSN: 1133-3197
- Petri, G., Jorge, N., y Resiliencia, P. I. (2015). Evaluación del potencial impacto económico del HLB (Huanglongbing) en la economía argentina. Obtenido de: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2557>
- Rasmusen, E. (1989). A simple model of product quality with elastic demand. *Economics Letters*, 29(4), 281-283. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(89\)90201-2](https://doi.org/10.1016/0165-1765(89)90201-2)
- Rhoads, S. E. (1990). *Visión Económica del Mundo*. (pp. 88) México: Trillas.

- Robles-González, M. et al (2013). Síntomas del Huanglongbing (HLB) en árboles de limón mexicano [citrus aurantifolia (christm) swingle] y su dispersión en el estado de Colima, México. DOI: <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.01.005>
- Salcedo D., Cavarrubias, I., Hinojosa, R., Mora Aguilera, G., DePaolis, F. J., Mora Flores, J. S. y Cíntora González, C. L. (2010). Evaluación del impacto económico de Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola Mexicana. Obtenido de: <http://52.165.25.198/handle/11324/7271>. ISBN: 978-92-9248-275-6
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural – Gobierno Mexicano. Portal Web de la Institución. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/al-dragon-amarillo-lo-controla-la-ciencia-y-la-tecnologia>
- SENASA (2020). Plataforma digital única del Estado Peruano. Obtenido de Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú: <https://www.gob.pe/institucion/senasa/noticias/296141-peru-y-ecuador-fortalecen-estrategia-de-prevencion-contra-el-dragon-amarillo-hlb>
- Spreen & Baldwin. (2013). The Impact of Huanglongbing (HLB) on Citrus Tree Planting in Florida. DOI: [10.22004/ag.econ.142706](https://doi.org/10.22004/ag.econ.142706)
- Syakur, M., Khotimah, B., Rochman, E. y Satoto, B. (2018). Integration k-means clustering method and elbow method for identification of the best customer profile cluster. *In IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 336, p. 012017). IOP Publishing. DOI: [10.1088/1757-899X/336/1/012017](https://doi.org/10.1088/1757-899X/336/1/012017)
- Teixeira D. C., Danet J. L., Eveillard S., Martins V. J., Yamamoto P., Lopes S. A., Bassanezi A. B., Ayres A. J., Saillard C. y Bové J. M. 2005. Citrus Huanglongbing in Sao Paulo State, Brazil: PCR detection of the Candidatus Liberibacter species associated with the disease. *Molecular and cellular probes*, 19(3), 173-179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mcp.2004.11.002>
- Varian, H. R. (2010). Microeconomía intermedia: un enfoque actual. ISBN: 978-958-778-105-2
- Vera Villagrán, M. E. (2016). Análisis de acciones de política pública aplicada contra Huanglongbing (HLB) en limón. URL: <http://repositorio.chapingo.edu.mx:8080/handle/20.500.12098/122>
- Vivas Viachica, E. A. (2010). Economía agraria. Universidad Nacional Agraria, Managua. ISBN: 978-99924-1-012-7
- Yáñez, A. R., & Teruel, A. M. (1997). Economía agraria. ISBN: 84-7684-858-7

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: PROYECCIÓN ESTADÍSTICA DE LA PRODUCCIÓN DE MANDARINA PARA EL PERÍODO 2023 – 2040.

| Años | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 |
|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TOTAL | 8,228 | 8,829 | 8,912 | 9,520 | 11,068 | 14,092 | 16,494 | 20,642 | 24,709 | 27,522 | 27,392 |

Continúa...

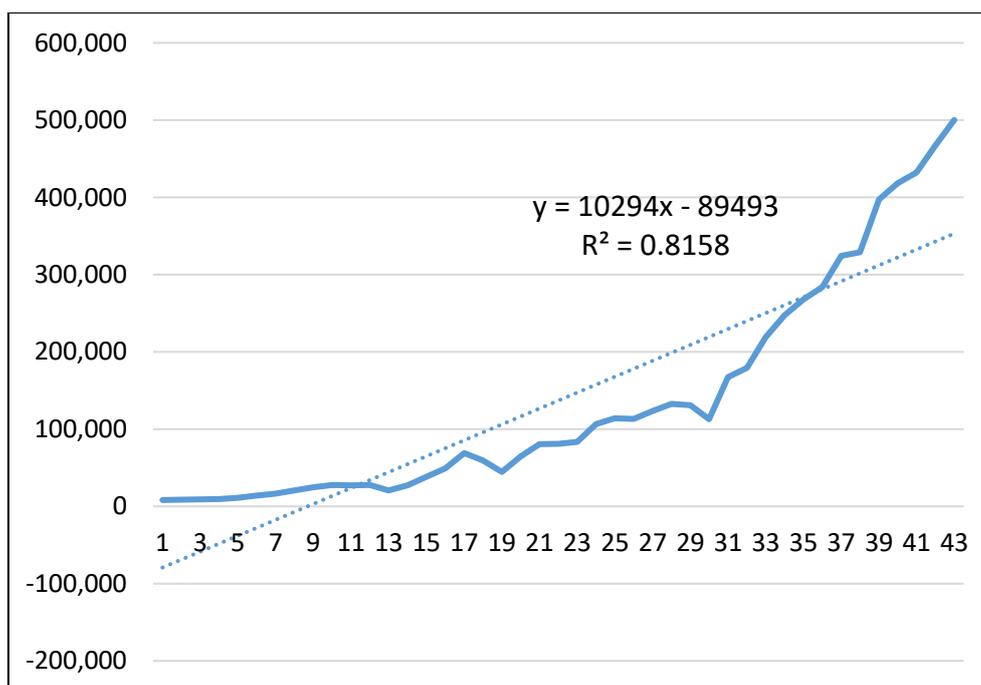
| Años | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TOTAL | 27,702 | 20,750 | 27,101 | 38,532 | 49,073 | 68,848 | 59,486 | 44,527 | 64,825 | 80,597 | 80,941 |

Continúa...

| Años | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| TOTAL | 83,348 | 106,767 | 114,101 | 113,196 | 123,338 | 132,489 | 130,925 | 112,609 | 167,168 | 179,203 | 218,936 |

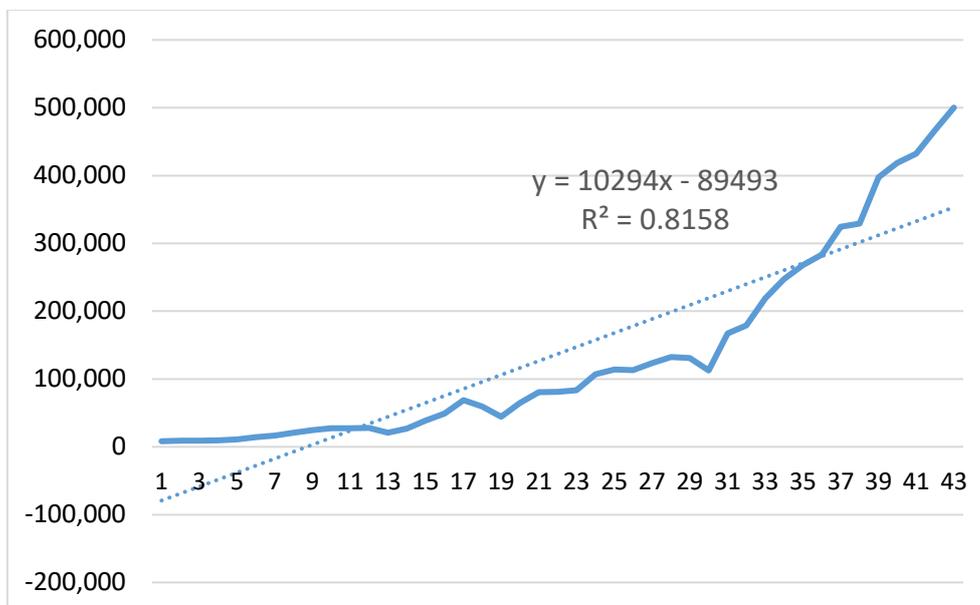
Continúa...

| Años | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| TOTAL | 247,348 | 267,813 | 283,722 | 324,573 | 329,101 | 397,280 | 418,381 | 432,352 | 467,273 | 500,165 |

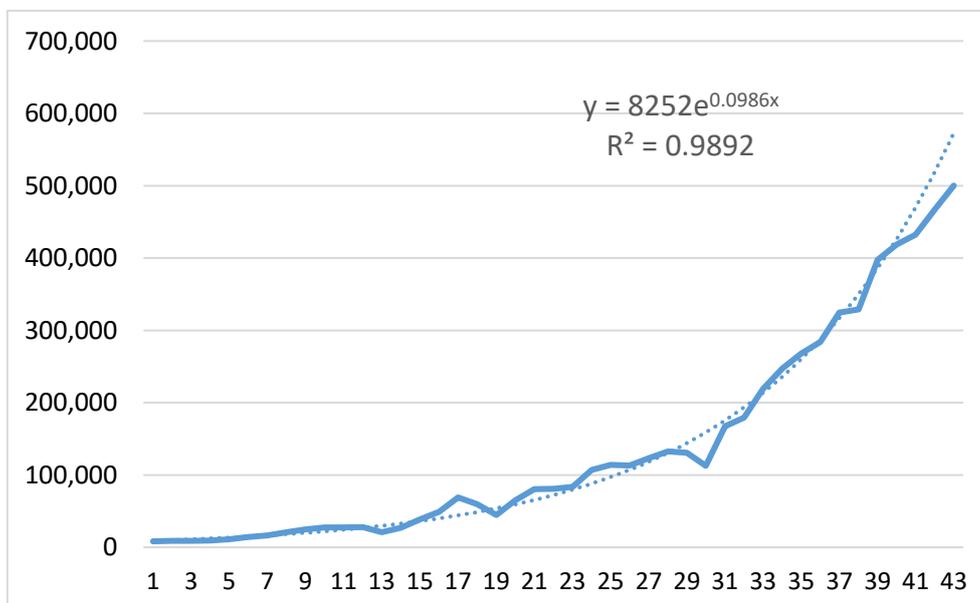


ANEXO 2: MODELOS DE PREDICCIÓN ESTIMADOS PARA LA PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MANDARIN PARA EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 2023 AL 2040.

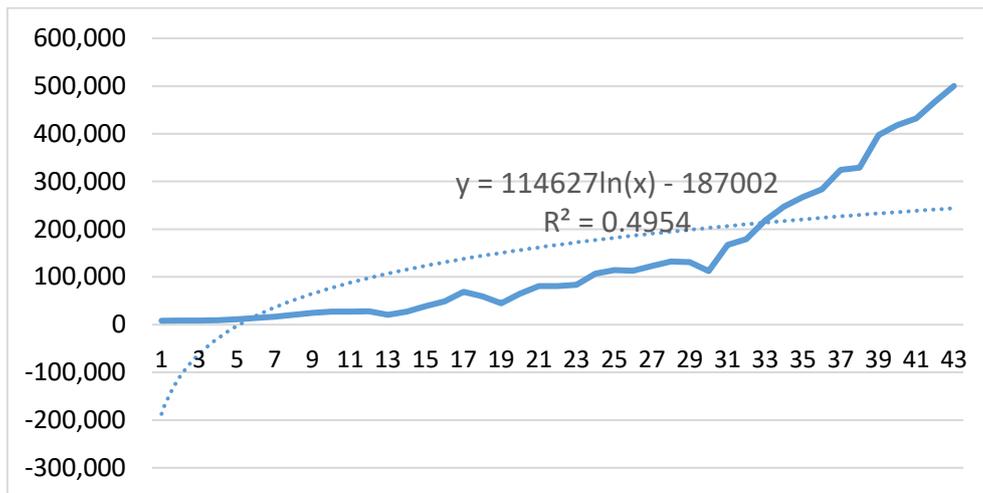
Modelo lineal (utilizado para proyección de la producción de mandarina en la investigación ejecutada)



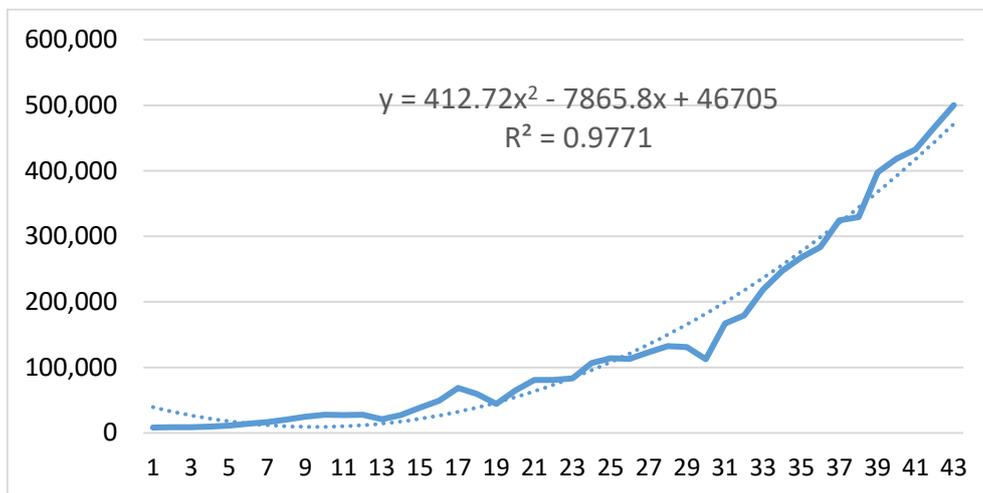
Modelo exponencial



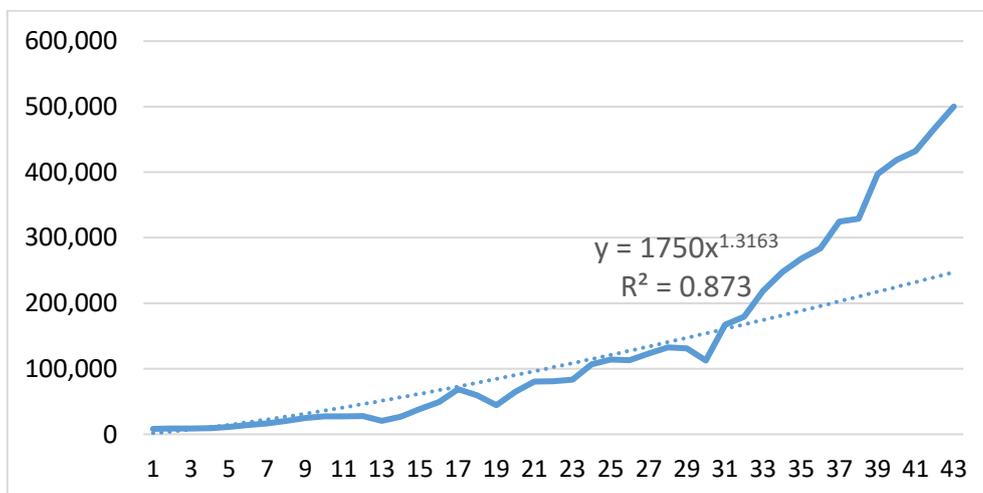
Modelo logarítmico



Modelo polinómico (grado 2)



Modelo potencial



ANEXO 3: NÚMERO DE ÁRBOLES ESTIMADOS EN UNA HECTÁREA POR CATEGORÍA DE EDADES A TRAVÉS DEL TIEMPO.

| t | wt (0-2 años) | xt (3-5 años) | yt (6-10 años) | zt (+ 10 años) |
|-----------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0 | 42 | 56 | 221 | 297 |
| 1 | 78 | 56 | 221 | 261 |
| 2 | 95 | 76 | 221 | 225 |
| 3 | 107 | 80 | 240 | 189 |
| 4 | 116 | 87 | 200 | 213 |
| 5 | 123 | 94 | 172 | 227 |
| 6 | 128 | 101 | 152 | 234 |
| 7 | 132 | 108 | 140 | 236 |
| 8 | 135 | 114 | 132 | 235 |
| 9 | 137 | 119 | 127 | 232 |
| 10 | 139 | 124 | 125 | 228 |
| 11 | 169 | 128 | 125 | 195 |
| 12 | 187 | 138 | 126 | 165 |
| 13 | 197 | 150 | 129 | 140 |
| 14 | 201 | 162 | 134 | 119 |
| 15 | 202 | 172 | 141 | 102 |
| 16 | 200 | 179 | 149 | 88 |
| 17 | 197 | 184 | 156 | 78 |

ANEXO 4: PARTICIPACIÓN ESTIMADA DE LA SUPERFICIE COSECHADA EN UNA HECTÁREA POR CATEGORÍA DE EDADES A TRAVÉS DEL TIEMPO.

| t | a (3-5 años) | b(6-10 años) | c(+ 10 años) |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 0 | 10% | 39% | 52% |
| 1 | 10% | 41% | 49% |
| 2 | 14% | 42% | 43% |
| 3 | 16% | 47% | 37% |
| 4 | 17% | 40% | 43% |
| 5 | 19% | 35% | 46% |
| 6 | 21% | 31% | 48% |
| 7 | 22% | 29% | 49% |
| 8 | 24% | 27% | 49% |
| 9 | 25% | 27% | 48% |
| 10 | 26% | 26% | 48% |
| 11 | 29% | 28% | 43% |
| 12 | 32% | 29% | 39% |
| 13 | 36% | 31% | 33% |
| 14 | 39% | 32% | 29% |
| 15 | 41% | 34% | 25% |
| 16 | 43% | 36% | 21% |
| 17 | 44% | 37% | 19% |

ANEXO 5: PRODUCCIÓN TOTAL, SUPERFICIE COSECHADA TOTAL Y SUPERFICIE COSECHADA ESTIMADOS POR CATEGORÍA DE EDADES A TRAVÉS DEL TIEMPO.

| t | Pt (producción en toneladas) | Spt (superficie cosechada en hectáreas) | d. hectáreas (3-5 años) | e. hectáreas (6-10 años) | f. hectáreas (+ 10 años) |
|-----------|---|--|--|---|---|
| 0 | 510,459 | 13,594.1 | 1,326.3 | 5,234.0 | 7,033.9 |
| 1 | 520,753 | 13,868.3 | 1,443.5 | 5,696.8 | 6,727.9 |
| 2 | 531,047 | 14,142.4 | 2,047.5 | 5,993.2 | 6,101.7 |
| 3 | 541,341 | 14,416.5 | 2,272.4 | 6,792.4 | 5,351.8 |
| 4 | 551,635 | 14,690.7 | 2,554.2 | 5,877.2 | 6,259.3 |
| 5 | 561,929 | 14,964.8 | 2,860.7 | 5,213.2 | 6,890.9 |
| 6 | 572,223 | 15,239.0 | 3,170.0 | 4,760.2 | 7,308.7 |
| 7 | 582,517 | 15,513.1 | 3,468.8 | 4,477.1 | 7,567.2 |
| 8 | 592,811 | 15,787.2 | 3,749.3 | 4,325.9 | 7,712.0 |
| 9 | 603,105 | 16,061.4 | 4,008.2 | 4,274.0 | 7,779.2 |
| 10 | 613,399 | 16,335.5 | 4,244.5 | 4,294.2 | 7,796.9 |
| 11 | 623,693 | 16,609.7 | 4,742.6 | 4,642.7 | 7,224.4 |
| 12 | 633,987 | 16,883.8 | 5,428.1 | 4,945.2 | 6,510.5 |
| 13 | 644,281 | 17,157.9 | 6,147.9 | 5,270.6 | 5,739.4 |
| 14 | 654,575 | 17,432.1 | 6,801.2 | 5,635.7 | 4,995.2 |
| 15 | 664,869 | 17,706.2 | 7,337.6 | 6,028.5 | 4,340.1 |
| 16 | 675,163 | 17,980.4 | 7,744.7 | 6,427.2 | 3,808.4 |
| 17 | 685,457 | 18,254.5 | 8,033.4 | 6,810.8 | 3,410.3 |

ANEXO 6: RENDIMIENTO Y PRODUCCIÓN ESTIMADOS POR CATEGORÍA DE EDADES A TRAVÉS DEL TIEMPO.

| t | RA_t (3-5 años) | RB_t (6-10 años) | RC_t (+ 10 años) | PA_t (3-5 años) | PB_t (6-10 años) | PC_t (+ 10 años) |
|-----------|--|---|---|--|---|---|
| 0 | 15 | 25 | 51 | 19,893.8 | 130,849.2 | 359,715.8 |
| 1 | 15 | 25 | 53 | 21,653.0 | 142,420.3 | 356,679.6 |
| 2 | 25 | 25 | 54 | 51,186.5 | 149,830.7 | 330,029.6 |
| 3 | 15 | 39 | 45 | 34,085.7 | 266,425.0 | 240,830.1 |
| 4 | 15 | 25 | 59 | 38,313.3 | 146,929.7 | 366,391.8 |
| 5 | 15 | 25 | 56 | 42,909.8 | 130,330.5 | 388,688.6 |
| 6 | 15 | 25 | 56 | 47,550.1 | 119,005.6 | 405,667.2 |
| 7 | 15 | 25 | 55 | 52,031.5 | 111,927.5 | 418,557.8 |
| 8 | 15 | 25 | 56 | 56,240.2 | 108,148.5 | 428,422.2 |
| 9 | 25 | 25 | 51 | 100,205.0 | 106,849.7 | 396,050.2 |
| 10 | 15 | 25 | 57 | 63,666.9 | 107,354.4 | 442,377.6 |
| 11 | 15 | 25 | 60 | 71,138.5 | 116,066.3 | 436,488.0 |
| 12 | 16 | 25 | 65 | 87,175.2 | 123,628.8 | 423,182.8 |
| 13 | 25 | 25 | 63 | 153,698.3 | 131,764.1 | 358,818.5 |
| 14 | 25 | 40 | 52 | 170,029.8 | 225,426.5 | 259,118.5 |
| 15 | 25 | 40 | 55 | 183,440.3 | 241,141.9 | 240,286.7 |
| 16 | 25 | 36 | 65 | 193,618.7 | 234,000.0 | 247,544.3 |
| 17 | 25 | 39 | 65 | 200,834.4 | 262,951.4 | 221,671.1 |

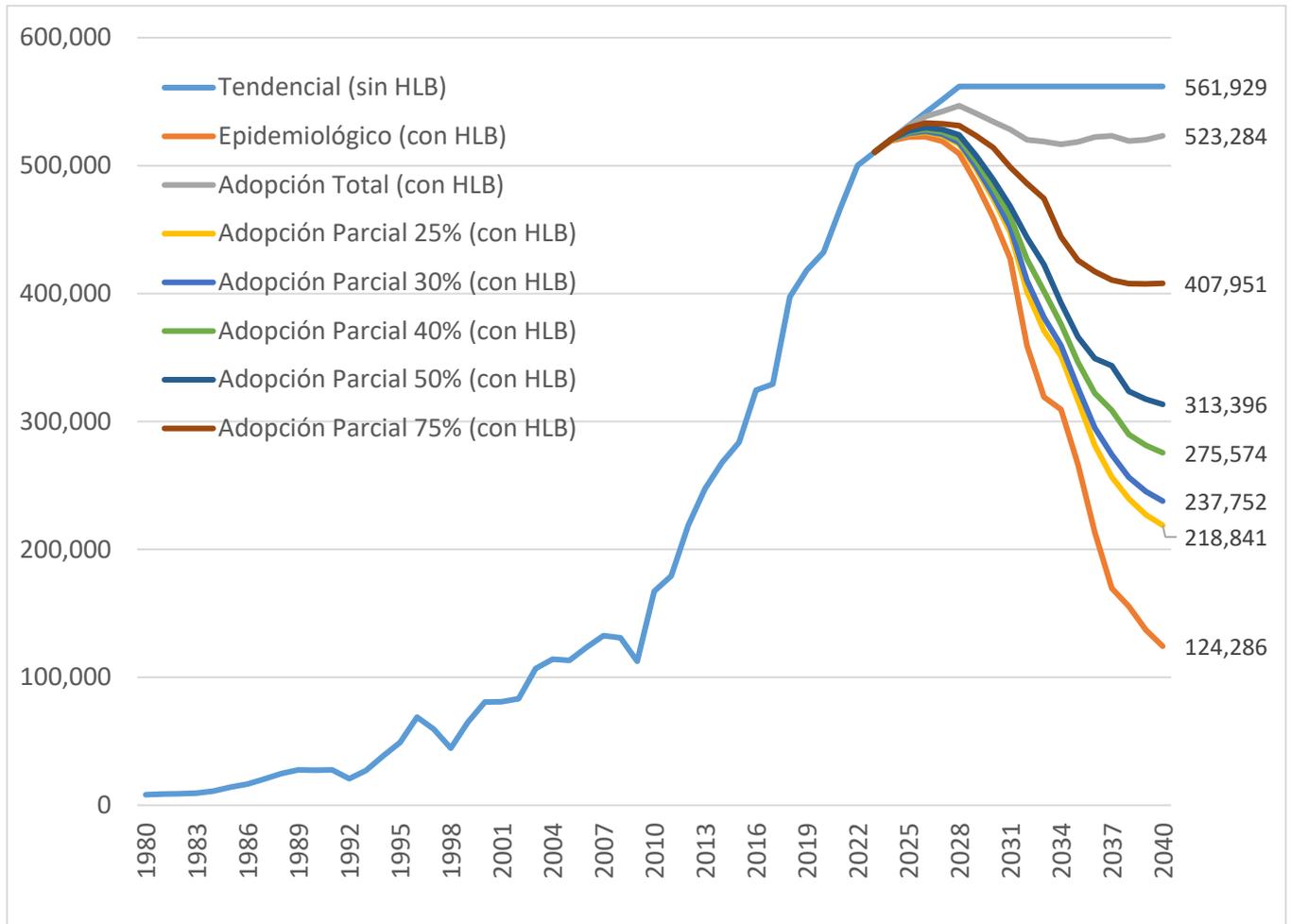
ANEXO 7: NÚMERO DE ÁRBOLES ESTIMADOS EN UNA HECTÁREA POR CATEGORÍA DE EDADES A TRAVÉS DEL TIEMPO, CON UNA ELIMINACIÓN DEL 2% DE ÁRBOLES ANUALMENTE.

| t | wt (0-2 años) | xt (3-5 años) | yt (6-10 años) | zt (+ 10 años) |
|-----------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0 | 51 | 53 | 218 | 294 |
| 1 | 96 | 50 | 215 | 255 |
| 2 | 118 | 71 | 212 | 216 |
| 3 | 133 | 79 | 226 | 177 |
| 4 | 145 | 90 | 187 | 194 |
| 5 | 154 | 101 | 159 | 202 |
| 6 | 161 | 111 | 142 | 203 |
| 7 | 166 | 120 | 131 | 199 |
| 8 | 170 | 129 | 125 | 192 |
| 9 | 173 | 136 | 123 | 185 |
| 10 | 175 | 142 | 123 | 176 |
| 11 | 198 | 147 | 125 | 146 |
| 12 | 212 | 157 | 127 | 120 |
| 13 | 219 | 168 | 132 | 98 |
| 14 | 222 | 177 | 137 | 79 |
| 15 | 222 | 185 | 144 | 65 |
| 16 | 220 | 191 | 152 | 54 |
| 17 | 217 | 195 | 158 | 46 |

ANEXO 8: NÚMERO DE ÁRBOLES ESTIMADOS EN UNA HECTÁREA POR CATEGORÍA DE EDADES A TRAVÉS DEL TIEMPO, CON UNA ELIMINACIÓN DEL 3% DE ÁRBOLES ANUALMENTE.

| t | wt (0-2 años) | xt (3-5 años) | yt (6-10 años) | zt (+ 10 años) |
|-----------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0 | 56 | 51 | 216 | 292 |
| 1 | 106 | 47 | 212 | 252 |
| 2 | 129 | 69 | 207 | 211 |
| 3 | 147 | 79 | 220 | 171 |
| 4 | 160 | 91 | 180 | 185 |
| 5 | 170 | 104 | 153 | 189 |
| 6 | 177 | 116 | 136 | 187 |
| 7 | 183 | 126 | 126 | 180 |
| 8 | 187 | 136 | 122 | 171 |
| 9 | 190 | 144 | 121 | 161 |
| 10 | 192 | 151 | 122 | 151 |
| 11 | 213 | 157 | 125 | 122 |
| 12 | 225 | 166 | 128 | 97 |
| 13 | 231 | 176 | 133 | 76 |
| 14 | 232 | 185 | 139 | 59 |
| 15 | 232 | 192 | 146 | 46 |
| 16 | 229 | 198 | 153 | 36 |
| 17 | 226 | 201 | 159 | 29 |

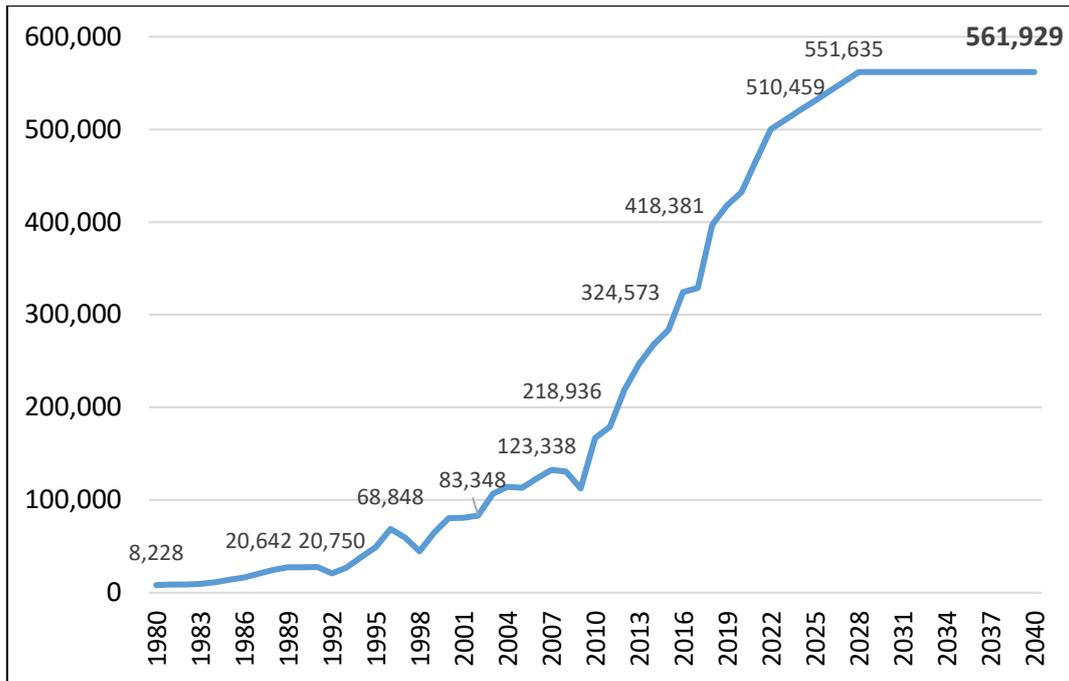
ANEXO 9: SIMULACIÓN BAJO ESCENARIOS DE ADOPCIÓN EN CONTEXTO DE PRODUCCIÓN TENDENCIAL CONSTANTE AL AÑO 2028.



| BENEFICIOS Y COSTOS | epidemiológico | 25% | 30% | 40% | 50% | 75% | Adopción total |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Existe HLB y no PNF | Existe HLB y PNF | Existe HLB y PNF | Existe HLB y PNF | Existe HLB y PNF | Existe HLB y PNF | Existe HLB y PNF |
| I.-Beneficios | No se hace nada | Se mitiga |
| A.-Valor de Producción (ingresos) | S/ 3,760,026,359.55 | S/ 4,996,560,813.95 | S/ 5,055,614,630.15 | S/ 5,173,722,262.57 | S/ 5,291,829,894.98 | S/ 5,604,852,636.08 | S/ 6,001,804,429.73 |
| B.-Pérdida de producción | S/ 2,480,041,303.69 | S/ 1,243,506,849.29 | S/ 1,184,453,033.09 | S/ 1,066,345,400.68 | S/ 948,237,768.26 | S/ 635,215,027.17 | S/ 238,263,233.51 |
| C.-Reducción del empleo | S/ 1,317,654,747.66 | 1,064,372,097.53 | 1,013,941,012.45 | 913,078,842.30 | 812,216,672.15 | 544,432,809.65 | 205,288,034.11 |
| c.1.-Jornales por Producción | S/ 500,412,785.28 | S/ 404,222,279.66 | S/ 385,069,796.97 | S/ 346,764,831.58 | S/ 308,459,866.20 | S/ 206,762,157.66 | S/ 77,963,333.81 |
| c.2.-Jornales en el Resto de la Cadena | S/ 249,392,773.63 | S/ 201,453,916.55 | S/ 191,908,815.15 | S/ 172,818,612.33 | S/ 153,728,409.52 | S/ 103,044,905.12 | S/ 38,854,906.65 |
| c.3.-Beneficios no logrados | S/ 567,849,188.75 | S/ 458,695,901.32 | S/ 436,962,400.34 | S/ 393,495,398.38 | S/ 350,028,396.43 | S/ 234,625,746.87 | S/ 88,469,793.65 |
| D.-Total pérdidas (pérdidas) | S/ 3,797,696,051.35 | 2,307,878,946.82 | 2,198,394,045.54 | 1,979,424,242.98 | 1,760,454,440.41 | 1,179,647,836.82 | 443,551,267.62 |
| E.-Beneficios (pérdidas evitadas en los escenarios) | | S/ 1,489,817,104.52 | S/ 1,599,302,005.81 | S/ 1,818,271,808.37 | S/ 2,037,241,610.94 | S/ 2,618,048,214.53 | S/ 3,354,144,783.73 |
| II.-Costos | | | | | | | |
| F.-Gobierno | 0.00 | S/ 54,768,051.10 |
| G.-PROCITRUS | | S/ 4,772,044.42 |
| H.-GOB + PROCITRUS | | S/ 59,540,095.51 |
| I.-Productores (costos adicionales de producción) | 0.00 | S/ 130,176,103.50 | S/ 135,262,931.22 | S/ 144,757,302.30 | S/ 161,217,971.22 | S/ 171,162,420.41 | S/ 107,521,874.06 |
| J.-Total costos | 0.00 | S/ 189,716,199.02 | S/ 194,803,026.73 | S/ 204,297,397.81 | S/ 220,758,066.73 | S/ 230,702,515.92 | S/ 167,061,969.57 |
| K.-Costos Netos | | S/ 189,716,199.02 | S/ 194,803,026.73 | S/ 204,297,397.81 | S/ 220,758,066.73 | S/ 230,702,515.92 | S/ 167,061,969.57 |
| L.-Pérdidas netas evitadas (evitados-costos) | | S/ 1,300,100,905.50 | S/ 1,404,498,979.07 | S/ 1,613,974,410.56 | S/ 1,816,483,544.20 | S/ 2,387,345,698.61 | S/ 3,187,082,814.16 |
| M.-Ratio B/C PROCITRUS | | 312.20 | 335.14 | 381.03 | 426.91 | 548.62 | 702.87 |
| N.-Ratio B/C Productores | | 11.44 | 11.82 | 12.56 | 12.64 | 15.30 | 31.19 |
| Ñ.-Ratio B/C (incluye gobierno, procitrus y productores) | | 7.85 | 8.21 | 8.90 | 9.23 | 11.35 | 20.08 |
| O.-Ratio B/C (sólo gobierno) | | 27.20 | 29.20 | 33.20 | 37.20 | 47.80 | 61.24 |
| P.- Ratio B/C Gobierno + PROCITRUS | | 25.02 | 26.86 | 30.54 | 34.22 | 43.97 | 56.33 |

**ANEXO 10: SIMULACION DE FACTIBILIDAD PARA APLICACIÓN DEL PNF
TRAS DETENCIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN EL AÑO 2028.**

| Tiempo | Año | Producción de mandarina en Lima e Ica (toneladas) |
|----------|-------------|--|
| 0 | 2023 | 510,459 |
| 1 | 2024 | 520,753 |
| 2 | 2025 | 531,047 |
| 3 | 2026 | 541,341 |
| 4 | 2027 | 551,635 |
| 5 | 2028 | 561,929 |
| 6 | 2029 | 561,929 |
| 7 | 2030 | 561,929 |
| 8 | 2031 | 561,929 |
| 9 | 2032 | 561,929 |
| 10 | 2033 | 561,929 |
| 11 | 2034 | 561,929 |
| 12 | 2035 | 561,929 |
| 13 | 2036 | 561,929 |
| 14 | 2037 | 561,929 |
| 15 | 2038 | 561,929 |
| 16 | 2039 | 561,929 |
| 17 | 2040 | 561,929 |



| Escenarios | Adopción | Adopción | Adopción | Adopción | Adopción | Adopción |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | parcial 25 % | parcial 30 % | parcial 40 % | parcial 50 % | parcial 75 % | parcial 100 % |
| Ratio B/C PROCITRUS | 304.68 | 327.97 | 374.55 | 421.13 | 537.57 | 707.43 |
| Ratio B/C Productores | 11.15 | 11.55 | 12.35 | 12.47 | 14.99 | 31.40 |
| Ratio B/C (incluye gobierno, Procitrus y productores) | 7.65 | 8.03 | 8.75 | 9.10 | 11.12 | 20.21 |
| Ratio B/C (sólo gobierno) | 26.55 | 28.58 | 32.64 | 36.69 | 46.84 | 61.64 |
| Ratio B/C Gobierno + PROCITRUS | 24.42 | 26.29 | 30.02 | 33.75 | 43.09 | 56.70 |