

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Diagnóstico de la enfermedad Cancro de los cítricos (*Xanthomonas citri*), en el Valle de Chanchamayo, Región Junín 2023

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autores:

Bach. Yonil Amador AGUIRRE RIVERA

Bach. Jhan Franklin INGA HUALLPA

Asesor:

Dr. Manuel LLANOS ZEVALLOS

Cerro de Pasco – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Diagnóstico de la enfermedad Cancro de los cítricos (*Xanthomonas citri*), en el Valle de Chanchamayo, Región Junín 2023

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Manuel Jorge CASTILLO NOLE
PRESIDENTE

Mg. Fidel DE LA ROSA AQUINO
MIEMBRO

MSc. Josué Hernán INGA ORTIZ
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 019-2025/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
INGA HUALLPA, Jhan Franklin
AGUIRRE RIVERA, Yonil Amador

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – Pasco

Tipo de trabajo
Tesis

Diagnóstico de la Enfermedad Cancro de los cítricos (*Xanthomonas citri*), en el Valle de Chanchamayo, Región Junín 2023

Asesor
Dr. LLANOS ZEVALLOS, Manuel

Índice de similitud
13%

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 13 de mayo de 2025



Firmado digitalmente por **LLANOS ZEVALLOS, Manuel**
TOVAR Luis Antonio FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 13.05.2025 09:31:15 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
LHT/UIFCCAA

DEDICATORIA

Querido Dios y querida madre Elisa Rivera Osorio, en este momento tan especial quiero dedicarles unas palabras llenas de amor y agradecimiento.

Dios, gracias por guiarme en mi vida, por iluminar mi camino y por brindarme tu amor incondicional.

Madre Elisa Rivera Osorio, gracias por tu amor infinito, por tu apoyo inquebrantable y por ser mi roca en los momentos difíciles.

Que vuestras bendiciones y protección me acompañen. siempre.

Yonil Amador

A mi querida familia, quiero dedicar estas palabras llenas de amor y gratitud. Ustedes son el pilar que sostiene mi vida, el refugio en momentos de tormenta y la risa que alegra mis días. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi corazón, enseñándome valores y lecciones que atesoraré por siempre.

A mis padres, gracias por su sacrificio y por abrirme las puertas del conocimiento; su amor incondicional es la luz que guía mi camino. A mis hermanos, por ser mis cómplices en esta aventura llamada vida, juntos hemos compartido risas, sueños y a veces lágrimas, pero siempre con el apoyo mutuo.

Jhan Franklin

AGRADECIMIENTO

En este momento de reflexión, quiero tomarme un espacio para expresar mi más profundo agradecimiento. En primer lugar, agradezco a Dios, quien ha sido una guía constante en mi vida. Su amor y su luz me han acompañado en cada paso, dándome fuerza en los momentos difíciles y alegrías en las pequeñas victorias cotidianas. Sin Su presencia, nada de lo que he logrado sería posible.

Quiero también extender mi gratitud al Dr. Manuel Llanos Zevallos, cuya dedicación y profesionalismo son dignos de admiración. Su apoyo y orientación han sido fundamentales en mi desarrollo personal y profesional. Gracias por compartir su conocimiento y por ser un ejemplo a seguir. Su compromiso con la excelencia nos inspira a todos a ser mejores en nuestro trabajo.

No puedo dejar de mencionar a mi madre, el pilar de mi vida. Su amor incondicional y sacrificio han moldeado la persona que soy hoy. Cada enseñanza, cada palabra de aliento y cada sacrificio realizado por ella son un recordatorio de lo afortunado que soy por tenerla a mi lado. Gracias, mamá, por ser mi mayor apoyo y mi mejor amiga.

Hoy, al reflexionar sobre todas estas bendiciones, mi corazón se llena de gratitud. Es un recordatorio, aunque enfrentemos desafíos, siempre hay razones para agradecer y celebrar. A todos ustedes, gracias de todo corazón.

Por último, a mis amigos del trabajo, gracias por su compañerismo y su camaradería. Formamos un equipo sólido, donde cada uno aporta lo mejor de sí mismo. Vuestra amistad hace que cada día laboral sea más llevadero y lleno de risas. Me siento agradecido por tenerlos en mi vida.

Jhan Franklin INGA HUALLPA y Yonil Amador AGUIRRE RIVERA.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo optimizar el sistema de vigilancia fitosanitaria frente a una de las principales limitaciones detectadas en la producción del cultivo de naranja: el cancro de los cítricos, enfermedad causada por la bacteria *Xanthomonas citri*. Esta patología está distribuida en diversos países y presenta mayor incidencia y severidad en el departamento de Junín, provincia de Chanchamayo, especialmente en los distritos de Vitoc, San Ramón, La Merced, San Luis de Shuaro, Perené y Pichanaqui. A la fecha, no se han encontrado reportes oficiales que confirmen su presencia en esta zona.

En el Perú, se ha reportado la enfermedad en los departamentos de Ucayali y Loreto, donde se ha encontrado evidencia en plantaciones de naranja. Debido a su impacto económico y fitosanitario, se propone su clasificación como plaga de cuarentena en dichas regiones.

El cancro cítrico puede presentarse durante todo el año, afectando principalmente a plántulas y árboles jóvenes con alta producción de brotes. Los síntomas incluyen lesiones foliares con halo amarillo y bordes húmedos, de 2 a 10 mm, que pueden confluir y dañar grandes áreas. La enfermedad provoca defoliación, muerte de ramas y caída prematura de frutos, los cuales pierden su valor comercial por el daño en la cáscara.

La bacteria se disemina por salpicaduras de agua sobre el follaje, alcanzando hasta 100 millones de células por gota, dependiendo de la edad de la lesión. Las estrategias de control incluyen medidas de exclusión, erradicación, manejo integrado y desinfección, con el fin de preservar la sanidad del cultivo de naranja.

Palabras clave: diagnóstico del cultivo de naranja, *Xanthomonas citri*, cancro cítrico, enfermedades fitosanitarias, control integrado.

ABSTRACT

This research aimed to optimize the phytosanitary surveillance system in response to one of the main limitations in orange production: citrus canker, a disease caused by the bacterium *Xanthomonas citri*. This pathology is distributed in several countries and shows higher incidence and severity in the Junín region, specifically in the province of Chanchamayo, in districts such as Vitoc, San Ramón, La Merced, San Luis de Shuaro, Perené, and Pichanaqui. To date, there are no official reports confirming its presence in this area.

In Peru, the disease has been reported in the departments of Ucayali and Loreto, where evidence has been found in orange plantations. Due to its economic and phytosanitary impact, it is proposed that citrus canker be classified as a quarantine pest in these regions.

Citrus canker can occur throughout the year, primarily affecting seedlings and young trees with high vegetative shoot production. Symptoms include foliar lesions with yellow halos and moist borders, ranging from 2 to 10 mm, which may merge and damage large areas. The disease can cause defoliation, branch dieback, and premature fruit drop, rendering the fruit commercially unviable due to rind damage.

The bacterium spreads through water splashing on foliage, with bacterial concentrations reaching up to 100 million cells per drop depending on the lesion's age. Control strategies include exclusion, eradication, integrated management, and disinfection measures to preserve the phytosanitary condition of orange crops.

Keywords: orange crop diagnosis, *Xanthomonas citri*, citrus canker, phytosanitary diseases, integrated control.

INTRODUCCIÓN

La naranja (*Citrus sinensis*) es un fruto dulce, perteneciente a la familia de las Rutáceas, originaria del sudeste de Asia. Ha sido cultivada y consumida desde hace miles de años; se la considera una especie perenne cuya vida útil es mayor a un año (Molina y Montes de Oca, 2019).

La naranja es una fruta carnososa que posee una forma redonda y de tamaño variable. Durante la maduración, existe un cambio de color de verde a naranjado o amarillo; es una especie subtropical y tropical que no presenta resistencia al frío, debido a que las flores y los frutos no toleran dichas condiciones. Requiere altas temperaturas en el verano para la maduración de los frutos, los cuales tienen altos contenidos de vitamina C, flavonoides y aceites esenciales (Montalvo, 2020).

En el Perú, la producción de naranjas es importante debido a su creciente demanda y adaptación a los distintos lugares del país. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI-2019), ente rector del Sistema Estadístico Nacional, en alianza estratégica con el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI-2019) y en coordinación con el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF-2015), se ejecutó la “Encuesta Nacional Agropecuaria”.

Según el registro oficial del SENASA, El Perú, al cierre del año 2023, se reportaron 30,589 hectáreas cultivadas de naranja, lo que representa aproximadamente 506,707 toneladas métricas. La región de Junín lidera con 14,154 hectáreas, seguida por San Martín, Puno, Lima, Ica, Piura, Huánuco y La Libertad. Esta última destaca como principal productora de la variedad Valencia, contribuyendo con el 65% del volumen nacional. (MINAGRI y SENASA, 2023).

El cultivo de naranjas es susceptible a enfermedades producidas por hongos y bacterias durante su proceso de crecimiento, desarrollo y producción. En la actualidad,

se tiene como referencia la presencia de una enfermedad denominada cancro de los cítricos (*Xanthomonas citri*), considerada una de las principales enfermedades de los cítricos. Esta enfermedad representa una amenaza en la industria citrícola en todo el mundo, afectando a casi todas las especies de cítricos (Gonzales y Tulla, 2019).

El cancro de los cítricos es causado por *Xanthomonas citri*; es una enfermedad que provoca defoliación severa, muerte regresiva de las ramas y caídas prematuras de los frutos, siendo un factor importante en la pérdida de valor comercial debido a los daños causados en la fruta (Gómez, 2020).

El presente trabajo se desarrolló entre diciembre de 2023 y marzo de 2024, con el objetivo de adquirir y mejorar los conocimientos sobre la incidencia del cancro cítrico (*Xanthomonas citri*) en el cultivo de naranjas (*Citrus sinensis*) en el Perú.

Los autores.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	3
1.2.1.	Delimitación especial	3
1.2.2.	Delimitación temporal	3
1.2.3.	Delimitación social	3
1.3.	Formulación del problema.....	3
1.3.1.	Problema general	3
1.3.2.	Problemas específicos	4
1.4.	Formulación de objetivos	4
1.4.1	Objetivo general	4
1.4.2	Objetivos específicos.....	4
1.5.	Justificación de la investigación.....	5
1.6.	Limitaciones de la investigación	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes del estudio	7
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	9
2.2.1.	importancia del cultivo de Citrus sinensis frente a la enfermedad causada por Xanthomonas citr	9
2.2.2.	Historia del cultivo de la naranja.....	10
2.2.3.	Clasificación taxonómica.	11
2.2.4.	Características morfológicas del cultivo de naranja.	11
2.3.	Definición de términos básicos	13
2.3.1.	Origen de la enfermedad	13
2.3.2.	Importancia económica del cancro de los cítricos (Xanthomonas citri)	14
2.3.3.	Clasificación taxonómica de la bacteria	14
2.3.4.	Descripción morfológica de la bacteria.....	15
2.3.5.	Principal daño de la bacteria cancro citri en la naranja	16
2.3.6.	Los Síntomas de la bacteria en citrus sinensis.....	16
2.3.7.	La Epidemiología de la bacteria Cancro citri	18
2.3.8.	La Sobrevivencia de la bacteria, dispersión y multiplicación	18
2.3.9.	Metodología del diagnóstico de la enfermedad de Cancro citri	20
2.3.10.	Metodología para el control y diagnóstico del Cancro cítrico	20
2.4.	Formulación de hipótesis.....	24
2.4.1.	Hipótesis general	24
2.4.2.	Hipótesis específicas	24
2.5.	Identificación de las variables	25
2.5.1.	Variable dependiente:	25
2.5.2.	Variable independiente:.....	26

2.5.3.	Variable interviniente:	26
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	27
2.6.1.	Variable dependiente:	27
2.6.2.	Variable independiente:	28
2.6.3	Variable interviniente:	29

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	30
3.2.	Nivel de investigación	30
3.3.	Métodos de investigación	31
3.4.	Diseño de investigación.....	32
3.4.1.	Característica de los campos evaluados	34
3.5.	Población y muestra	34
3.5.1.	Población	34
3.5.2.	Muestra	35
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
3.6.1.	Técnicas de recolección de datos	36
3.6.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	36
3.6.3.	Recolección de muestras con síntomas sospechosos.....	37
3.6.4.	Empaquetado de la muestra y envío al laboratorio	37
3.6.5.	Envío de muestras al laboratorio de bacteriología	38
3.6.6.	Recepción del material vegetal en el laboratorio	38
3.6.7.	Resultado de las muestras positivas obtenidas	38
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	39
3.7.1.	Selección de los instrumentos	39
3.7.2.	Validación de los instrumentos	40

3.7.3.	Confiabilidad de los instrumentos	40
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	42
3.8.1.	Procesamiento de datos	42
3.8.2.	Análisis de datos.....	43
3.8.3.	Prueba de patogenicidad.....	43
3.9.	Tratamiento estadístico.....	44
3.9.1.	Tratamiento estadístico de las pruebas bioquímicas de <i>Xanthomonas citri</i>	44
3.9.2.	Evaluación molecular mediante PCR.....	45
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica	46
3.10.1.	Orientación ética y filosófica.....	46
3.10.2.	Orientación epistémica	47
3.10.3.	Autoría y responsabilidad académica.....	47

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	48
4.1.1	Ubicación del campo experimental	48
4.1.2.	Ubicaciones Geográficas	48
4.1.3.	Ubicación geográfica del valle de Chanchamayo	49
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	51
4.2.1.	Preparación y esterilización de medios de cultivo	51
4.2.2.	Medios de fermentación y pruebas bioquímicas	51
4.2.4.	Técnica de serología de Elisa	54
4.2.5.	Interpretación de los resultados de Elisa	54
4.2.6.	Extracción de ADN con método CTAB.....	54
4.2.7.	Extracción de ADN con kit Plant DNAzol.....	56

4.2.8.	Verificación de calidad del ADN	56
4.2.9.	Integridad del ADN (gel de agarosa).....	57
4.2.10.	PCR para detección de Xanthomonas citri.....	57
4.2.11.	PCR en tiempo real para la detección de Xanthomonas citri	61
4.2.12.	Prueba molecular y controles	62
4.3.	Prueba de hipótesis	63
4.3.1.	Desarrollo de la prueba de la hipótesis.....	63
4.3.2.	Hipótesis del diagnóstico de la enfermedad Cancro citri	63
4.3.3.	Planteamiento del problema de la hipótesis	64
4.4.	Discusión de los resultados	64
4.4.1.	Resultado de interpretación del PCR final	65
4.4.2.	Resultado de la interpretación del PCR final	66
4.4.3.	Resultado de la interpretación sobre la importancia económica del experimento	66
4.4.4.	Resultado de la interpretación de la causa de la enfermedad Cancro citri	66
4.4.5.	Resultado de la identificación de la bacteria en la planta del experimento	67
4.4.6.	Resultado de la estrategia del control de Xanthomonas citri	67
4.4.7.	Resultado de la evaluación de Xanthomonas citri.....	67

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pruebas bioquímicas para la identificación de <i>Xanthomonas citri</i>	45
Tabla 2. Porcentaje de detección de <i>Xanthomonas citri</i> mediante PCR.	46
Tabla 3. Datos meteorológicos del año 2023 al 2024.....	50
Tabla 4. Medio YDC (Yeast Dextrose Calcium Carbonate).....	51
Tabla 5. Medio de Hugh y Leifson.....	51
Tabla 6. Medio de Fermentación de Carbohidratos.	52
Tabla 7. Solución Buffer CTAB al 2%.....	52
Tabla 8. Acetado de sodio 3M.....	52
Tabla 9. Buffer de corrida naranja G 6X.....	53
Tabla 10. Primers utilizados para la identificación de <i>Xanthomonas citri</i>	58
Tabla 11. Preparación de la mezcla para PCR y reacción a punto final.....	59
Tabla 12. Secuencias de los primers para la detección de <i>Xanthomonas citri</i>	59
Tabla 13. Programa de termociclaje para los primers XACF/XACR.	59
Tabla 14. Programa de termociclaje para los primers J-Rxg/J-RXc2 y J-pth1/J-pth2. .	60
Tabla 15. Primers para el gen de la girasa de <i>Xanthomonas</i> sp.	61
Tabla 16. Programa de termociclaje para primers XgyrBF/XgyrBR.	61
Tabla 17. Preparación de la mezcla de reacción para PCR en tiempo real	62
Tabla 18. Primers y sonda para PCR en tiempo real.	62
Tabla 19. Programa de termociclaje para los primers J-pth3/J-pth4.	62
Tabla 20. Resultado de las muestras del laboratorio de hojas recolectadas.	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de las parcelas de la evaluación.....	33
Figura 2. Procedimiento de recolección y envío de muestras para diagnóstico de <i>Xanthomonas citri</i>	39
Figura 3. Mapa del valle de Chanchamayo y sus distritos con datos meteorológicos. .	49

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Según el **Midagri y Senasa (2024)**, la producción de naranja en el Perú está siendo afectada considerablemente por la presencia de enfermedades que se detectaron en plantas con síntomas sospechosos de cancrisis en un lote comercial de 3 hectáreas de cítricos (conformado por naranja Valencia, mandarina y limón sutil) ubicado en el distrito de Manantay, provincia de coronel Portillo, departamento de Ucayali, región limítrofe con Brasil. Las coordenadas de la primera detección en Perú corresponden a: E 540696, N 9068842 (zona horaria: 18). La región Junín se encuentra en riesgo en la actualidad y, en el año 2023, se sembraron diferentes cultivos de cítricos: En 2023, la región Junín sembró 14,154 hectáreas con 306,577 toneladas. Es decir, esta región representa el 50% de área y el 65% de volumen del total nacional, esto se debe a que su producción por hectárea es superior a otras regiones y propensa a nuevas plagas que afectarían la producción nacional.

Dentro de los problemas fitosanitarios en el cultivo de naranja, se atribuye la presencia de la enfermedad cancro de los cítricos, ocasionada por la bacteria *Xanthomonas citri*, la cual afecta la parte aérea de la planta, en la que las lesiones generadas varían dependiendo de la edad de la lesión y de la variedad de naranja afectada. Los síntomas característicos favorecen elevadas acorchadas, con bordes húmedos y halo amarillo con apariencia de cráter.

El objetivo de la investigación fue analizar el diagnóstico de la enfermedad cancro de los cítricos y la identificación de la bacteria *Xanthomonas citri* sp. (Vega, 2024). El cancro se encuentra presente en Asia, África, Norteamérica, Sudamérica y Oceanía.

En el Perú, es transitorio y accionable, ya que la plaga ha sido detectada como una población aislada que podría sobrevivir en el futuro inmediato, cuyo establecimiento está previsto; por lo tanto, cumple con la definición de plaga cuarentenaria establecida (Minagri y Senasa, 2023).

El SENASA ha tomado acciones inmediatas de control y erradicación en el predio afectado, mediante la eliminación de plantas, la implementación de medidas de bioseguridad y la intensificación de acciones de vigilancia fitosanitaria en la región Ucayali y otras zonas productoras en la zona oriental del país. La tesis pretendió identificar los focos de la bacteria en el cultivo de naranja entre diciembre de 2023 y marzo de 2024, para realizar medidas de erradicación de esta plaga y así evitar pérdidas económicas. Durante el tiempo que se realizó el experimento, se ha identificado la bacteria *Xanthomonas citri* en la provincia de Chanchamayo, Junín.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación especial

Esta investigación se llevó a cabo en el valle de Chanchamayo, ubicado en la región Junín, Perú, en los distritos de Vitoc, San Ramón, La Merced, San Luis de Shuaro, Perene y Pichanaqui, abarcando un total de 16,500 hectáreas en la región Junín. Las chacras o parcelas de cada propietario se coordinaron con el agricultor y el agente municipal de cada anexo. Según la resolución de jefatura N° 0116-2023-MIDAGRI-SENASA, del Perú, se amplía la emergencia fitosanitaria en los departamentos de Ucayali y Loreto, ante la presencia de la plaga *Xanthomonas citri*.

1.2.2. Delimitación temporal

El desarrollo de la investigación se realizó en el periodo comprendido entre diciembre de 2023 y marzo de 2024, abarcando tanto la temporada de mayor incidencia de la enfermedad como las fases críticas de desarrollo del cultivo.

1.2.3. Delimitación social

La investigación contó con la participación de un equipo conformado por el asesor de tesis y los bachilleres Jhan Franklin Inga Huallpa y Yonil Amador Aguirre Rivera, quienes coordinaron con los productores y las autoridades locales.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

- ¿Cómo optimizar el diagnóstico del cancro de los cítricos, causado por *Xanthomonas citri*, así como el control de plagas asociadas en las plantaciones del valle de Chanchamayo, región Junín?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo detectar de manera temprana la presencia de *Xanthomonas citri* en las plantaciones citrícolas del valle de Chanchamayo, mediante técnicas moleculares como el análisis de ADN?
- ¿Cuáles son los síntomas característicos del cancro de los cítricos causado por *Xanthomonas citri* en los cultivos de la región?
- ¿Cómo se manifiesta la enfermedad en los órganos específicos del naranjo (*Citrus sinensis*), tales como hojas, tallos, ramas y frutos, bajo las condiciones agroecológicas del valle de Chanchamayo?
- ¿Qué procedimientos y estrategias de manejo pueden implementarse para prevenir la introducción y diseminación de *Xanthomonas citri* en los cultivos de cítricos del valle de Chanchamayo, región Junín?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Optimizar el sistema de diagnóstico del cancro de los cítricos, causado por *Xanthomonas citri*, y fortalecer las estrategias de prevención de plagas en las plantaciones citrícolas del valle de Chanchamayo, región Junín.

1.4.2 Objetivos específicos

- Detectar tempranamente la presencia de *Xanthomonas citri* en las plantaciones del valle de Chanchamayo y sus distritos, mediante técnicas moleculares como el análisis de ADN.
- Identificar los síntomas visibles de la enfermedad en hojas, ramas, tallos y frutos de *Citrus sinensis* afectados por *Xanthomonas citri*.

- Evaluar la incidencia y comportamiento de la enfermedad en función de las condiciones agroecológicas del valle de Chanchamayo.
- Proponer estrategias efectivas de prevención y control para evitar la introducción y propagación de *Xanthomonas citri* en los cultivos cítricos de la región.

1.5. Justificación de la investigación

- La presente investigación busca contribuir al desarrollo de un sistema eficaz de diagnóstico para la detección temprana del cancro de los cítricos, causado por *Xanthomonas citri*, brindando a los agricultores herramientas científicas para la toma de decisiones acertadas en el manejo fitosanitario de sus cultivos.
- Dado que la bacteria se propaga principalmente por el viento y las lluvias, su detección temprana en zonas críticas, como los bordes de las plantaciones, es esencial. Por ello, se propone un protocolo de muestreo que incluye la evaluación del 25 % de los árboles o hectáreas sospechosas, recolectando 25 hojas, 8 ramas, 6 tallos y 8 frutos por parcela para análisis en laboratorio.
- Considerando la importancia económica del cultivo de naranja en el valle de Chanchamayo, la presencia de esta enfermedad podría generar pérdidas significativas. Por tanto, la mejora en los mecanismos de diagnóstico y control se vuelve imprescindible para garantizar la sostenibilidad de la producción.
- Asimismo, al ofrecer información científica y recomendaciones prácticas adaptadas a las condiciones locales, esta investigación fortalece la capacidad de los productores para aplicar medidas de prevención y control adecuadas.

- Cabe resaltar que la bacteria puede encontrarse en estado saprofito en tejidos aparentemente sanos, y que las lesiones en hojas, ramas, tallos y frutos constituyen las principales fuentes de inóculo para nuevas infecciones.
- La disponibilidad de cultivos citrícolas y la colaboración con el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA-Junín) facilitaron la recolección de muestras y su posterior análisis. Hasta el momento, no se ha documentado una introducción estable de la enfermedad en la región, lo que refuerza la necesidad de tomar acciones preventivas.
- Finalmente, aunque los resultados se centran en el valle de Chanchamayo, podrían servir de referencia para otras zonas citrícolas del país con condiciones agroecológicas similares, reconociendo que su aplicación directa en otras regiones podría requerir ajustes contextuales.

1.6. Limitaciones de la investigación

- *Xanthomonas citri subsp. citri* es la causante del cancro de los cítricos, una enfermedad que afecta severamente a cultivos del género *Citrus*, como *Citrus sinensis*, de gran importancia económica.
- Los naranjos presentan una tolerancia moderada a la enfermedad, mientras que otras especies, como el limón galego (*Citrus aurantifolia*), son altamente susceptibles a *Xanthomonas citri*.
- Para comprender mejor los mecanismos moleculares de la resistencia o susceptibilidad frente a *Xanthomonas citri*, se recurrió al análisis transcriptómico mediante ARN-Seq, comparando diferentes genotipos infectados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Hasta la fecha, no se han desarrollado investigaciones específicas sobre la incidencia del cancro de los cítricos causado por *Xanthomonas citri* en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) en el valle de Chanchamayo y sus distritos. La presente tesis busca llenar ese vacío, abordando esta problemática fitosanitaria de relevancia para la citricultura regional.

A nivel nacional, no existen estudios sobre el cancro cítrico, aunque su presencia se ha reportado principalmente en las regiones de Ucayali y Loreto. El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, a través del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (Senasa), informó que la bacteria *Xanthomonas citri* fue detectada por primera vez en territorio peruano en 2023, en cultivos de naranja Valencia, mandarina y limón sutil ubicados en el distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali, con las siguientes coordenadas: E 540696, N 9068842 (zona horaria: 18), frontera con Brasil (**Minagri-Senasa, 2023**). Los síntomas observados incluyeron lesiones marrones y elevadas en hojas

y frutos, rodeadas por un halo aceitoso y de apariencia empapada, característico de la enfermedad. En fases avanzadas, estas lesiones pueden desprenderse del tejido foliar, generando un efecto conocido como "agujero de bala".

Históricamente, el cancro cítrico es una enfermedad originaria del sudeste asiático, donde fue documentada por primera vez. En los Estados Unidos, fue detectada inicialmente en 1910 y erradicada en 1933, aunque reapareció en el condado de Miami-Dade, Florida, en 1995. En América Latina, Brasil representa uno de los focos más estudiados; allí se han identificado diversos tipos de hospedantes, como la naranja agria en el caso del cancro tipo C.

Otros países como Omán, Arabia Saudita, Irán e India han reportado aislamientos del tipo A, los cuales afectan principalmente a la lima mexicana (*Citrus aurantifolia*) (Vernière et al., 1998). Es importante señalar que el llamado "cancro D", observado en México, es causado por el hongo *Alternaria limicola*, por lo tanto, no está relacionado con *Xanthomonas citri* (Garza, 1998; Stapleton et al., 1991).

En cuanto a su situación fitosanitaria internacional, *Xanthomonas citri* ha sido erradicada de países como Australia (incluyendo las Islas Thursday) y Sudáfrica. En Queensland, Australia, se presentó un brote en 2004, pero fue controlado exitosamente. Según la "Commission Decision" de la Comunidad Europea entre 1983 y 1998, Chile, Guam, México y Sudáfrica fueron reconocidos como territorios libres de esta enfermedad (CABI, 2021).

La ausencia de investigaciones específicas en Chanchamayo motiva la necesidad de caracterizar el comportamiento de esta enfermedad en la región, considerando la importancia económica y social del cultivo de naranja. La identificación temprana, el monitoreo adecuado y la implementación de medidas

fitosanitarias basadas en evidencia científica permitirán contribuir al manejo integrado del cancro cítrico en el Perú.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. importancia del cultivo de *Citrus sinensis* frente a la enfermedad causada por *Xanthomonas citri*

El cultivo de *Citrus sinensis* (naranja dulce) representa una de las actividades agrícolas más relevantes en muchas regiones tropicales y subtropicales del mundo, tanto por su valor económico como por su aporte nutricional. En el caso del valle de Chanchamayo, Junín, este cultivo constituye una fuente fundamental de ingresos para pequeños y medianos productores, además de jugar un rol importante en el desarrollo agroindustrial y comercial de la región.

Desde una **perspectiva teórica**, el estudio de *Citrus sinensis* y su interacción con agentes patógenos se fundamenta en disciplinas como la fitopatología, la microbiología agrícola y la agronomía. Estas ciencias permiten comprender los mecanismos fisiológicos y morfológicos de la planta, así como las dinámicas de infección y propagación de enfermedades como el cancro cítrico, causado por *Xanthomonas citri subsp. citri*.

La enfermedad del cancro de los cítricos constituye una de las amenazas más importantes para la citricultura mundial. Se caracteriza por la formación de lesiones necróticas en hojas, frutos y ramas, lo que reduce considerablemente la productividad y calidad comercial de los frutos. El agente causal, *Xanthomonas citri*, es una bacteria fitopatógena de alta virulencia y rápida diseminación, cuya presencia ha sido registrada en diversos países, generando restricciones fitosanitarias y pérdidas económicas significativas.

Desde el **punto de vista científico**, numerosos estudios han abordado los mecanismos moleculares de infección de *Xanthomonas citri*, así como las respuestas fisiológicas del hospedante. Se ha demostrado que esta bacteria emplea un sistema de secreción tipo III para introducir efectores en las células vegetales, desencadenando procesos de hipersensibilidad o susceptibilidad según la genética de la planta. A su vez, investigaciones recientes han incorporado técnicas de biología molecular, bioinformática e inteligencia artificial para mejorar la detección temprana y el control de la enfermedad.

La importancia de *Citrus sinensis* frente a esta enfermedad radica no solo en su valor económico, sino también en la necesidad de preservar la biodiversidad local, garantizar la seguridad alimentaria y fortalecer las prácticas agrícolas sostenibles. En este contexto, la identificación temprana de la enfermedad y la aplicación de medidas fitosanitarias adecuadas resultan esenciales para proteger los cultivos, mejorar los rendimientos y mitigar el impacto de *Xanthomonas citri* en las comunidades agrícolas.

2.2.2. Historia del cultivo de la naranja

La naranja, fruto del árbol *Citrus sinensis*, es originaria del continente asiático, particularmente de regiones que hoy comprenden China, Tailandia, Indochina e Indonesia. Su introducción al mundo occidental se atribuye probablemente a comerciantes genoveses durante el siglo XV. Desde entonces, su cultivo se ha expandido globalmente, con España destacando como uno de los principales productores en Europa, concentrando alrededor del 50% de la producción del continente. A nivel internacional, las variedades más comercializadas son Hamlin, Valencia y Hamouti, valoradas por sus características organolépticas y comerciales (Cámpelo, 2020).

En Perú, al cierre del año 2023, se reportaron **30,589** hectáreas cultivadas de naranja, lo que representa aproximadamente 506,707 toneladas métricas. La región de Junín lidera con 14,154 hectáreas, seguida por San Martín, Puno, Lima, Ica, Piura, Huánuco y La Libertad. Esta última destaca como principal productora de la variedad Valencia, contribuyendo con el 65% del volumen nacional. La producción es estacional, alcanzando su punto máximo entre abril y julio, y disminuyendo a partir de agosto. En cuanto al consumo, en 2020 se estimó que el consumo per cápita de naranja en el país fue de 12.4 kg por persona al año.

2.2.3. Clasificación taxonómica.

La clasificación científica de la naranja (*Citrus sinensis*) según Moya (2019) es la siguiente:

- Reino : Plantae
- División : Magnoliophyta
- Clase : Magnoliopsida
- Subclase : Rosidales
- Orden : Sapindales
- Familia : Rutaceae
- Género : Citrus
- Especie : Citrus sinensis L.

2.2.4. Características morfológicas del cultivo de naranja.

La naranja *Citrus sinensis* es una planta leñosa perenne de porte medio a alto, que puede alcanzar entre seis y diez metros de altura, dependiendo del patrón de injerto utilizado. Presenta madera dura y corteza de coloración verde a marrón grisáceo, adaptada a condiciones tropicales y subtropicales (**Moya, 2019**).

Las raíces de las naranjas.

El sistema radicular de la naranja presenta un desarrollo tanto horizontal como vertical, con más del 70% de sus raíces localizadas en el primer metro del suelo. Posee una raíz pivotante central que puede extenderse varios metros hacia abajo, acompañada de raíces laterales gruesas y finas. Estas raíces secundarias forman racimos fibrosos que aseguran la absorción eficiente de agua y nutrientes **(Iturralde, 2019)**.

El tronco de la naranja.

El tronco de la naranja se caracteriza por un crecimiento longitudinal (por meristemos apicales) y en grosor (por el cambium). Generalmente, los naranjos cultivados presentan un tronco principal que se bifurca entre los 50 y 80 cm en ramas primarias. La poda permite modificar la forma de la copa, dando lugar a estructuras más compactas o abiertas, según las necesidades de producción **(Plúa, 2019; Gómez, 2020)**.

Las hojas de la naranja.

Las hojas del naranjo son perennes, simples, pero con evidencia evolutiva de un folíolo compuesto. Son de color verde claro en su juventud, tornándose verde oscuro al madurar. Su estructura incluye un limbo articulado al pecíolo. En especies como el limón y la cidra, las hojas presentan inicialmente un tono rojizo **(Zambrano, 2020)**.

La flor de la naranja.

Las flores del naranjo son hermafroditas, blancas, cerosas y de tamaño medio. Se agrupan en racimos terminales o axilares con forma de corimbo. Están compuestas por un androceo (estructura masculina) y un gineceo (estructura femenina), protegidos por pétalos y sépalos. El ovario contiene de ocho a diez

carpelos que albergan los óvulos, y el estigma cambia de color conforme madura, facilitando la polinización (**Zambrano, 2020; Yara, 2020**).

Los frutos de la naranja.

El fruto de la naranja es un hesperidio con forma variable: puede ser redondeado, ovalado o aplanado, y su color depende de la variedad y temperatura ambiental. Posee una corteza gruesa e indehisciente, que protege una pulpa segmentada rica en jugo, azúcares y compuestos cítricos (**Pérez et al., 2020**).

La Semilla de la Naranja.

Las semillas de naranja presentan diversidad de formas (fusiforme, ovoide, deltoide) y colores (blanco, crema, amarillo o verdoso). Su cantidad varía entre frutos y depende tanto de la variedad como de las condiciones de polinización y desarrollo (**Pérez et al., 2020**).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Origen de la enfermedad

El cancro de los cítricos es una enfermedad causada por la bacteria *Xanthomonas citri*, un patógeno gramnegativo perteneciente a la clase Gammaproteobacteria (**Saddler y Bradbury, 2005**). Su origen ha sido motivo de debate. Según **Lee (1918)**, la enfermedad se originó en el sureste de China, con *Fortunella hindsii* como hospedero silvestre. No obstante, **Fawcett y Jenkins (1933)** propusieron que su procedencia se encuentra en India y Java.).

Esta enfermedad representa una amenaza significativa para la citricultura, ya que puede causar pérdidas severas de rendimiento. Se manifiesta principalmente en hojas, tallos y frutos mediante lesiones necróticas de color marrón oscuro, lo que compromete la calidad y la comercialización del cultivo (**Patané et al., 2019; Behlau et al., 2020**).

2.3.2. Importancia económica del cancro de los cítricos (*Xanthomonas citri*)

El cancro de los cítricos *Xanthomonas citri* es una enfermedad de importancia económica en el cultivo de naranja, representando una amenaza para la industria cítrica a nivel mundial; afecta a todas las especies de cítricos (**Riley et al., 2019**).

Las pérdidas económicas provocadas por el cancro de los cítricos se generan debido a la defoliación, abscisión prematura y manchado de los frutos. Los árboles jóvenes presentan una mayor susceptibilidad a *Xanthomonas citri*, siendo infestadas en un 100 % sus hojas y frutos (**Riley et al., 2019**).

La severidad de la enfermedad tiende a incrementar con el paso del tiempo, reduciendo el rendimiento en el cultivo de la naranja. No se tienen datos específicos sobre las pérdidas económicas en las diferentes regiones y países; sin embargo, se considera que es una enfermedad sujeta a medidas cuarentenarias que restringen el comercio internacional (**Delgado, 2019**).

En Perú, hay reportes en Pucallpa y Loreto que indican la existencia de evidencias sobre la enfermedad del cancro cítrico (*Xanthomonas citri*) en el cultivo de naranja, aunque se han evidenciado síntomas y daños característicos de la enfermedad en zonas de producción (**Delgado, 2019**).

2.3.3. Clasificación taxonómica de la bacteria

Amaral (2019) expresa que la bacteria *Xanthomonas citri* tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Dominio : Bacteria
Categoría : Pseudomonadota
Clase : Gammaproteobacteria
Orden : Xanthomonadales

Familia : Xanthomonadaceae

Género : Xanthomonas

Especie : Xanthomonas citri

2.3.4. Descripción morfológica de la bacteria

Xanthomonas citri es una bacteria Gram negativa, en forma de bastoncillos (1,5-2,0 x 0,5-0,75 µm) con un único flagelo polar; es una bacteria cardio obligada. Las colonias se desarrollan en agar y en medio de cultivo de glucosa, con una consistencia mucoide de color amarillo cremoso debido al pigmento xantomonadina que producen (**Verniere et al., 2019**).

La temperatura máxima de su crecimiento es de 35 a 39 °C, siendo la más elevada de 28 a 30 °C. Poseen un metabolismo oxidativo de la glucosa, catalasa de alta calidad, oxidasa de Kovacs pobre o susceptible, y una reducción de nitrato deficiente. No utilizan actualmente asparagina como suministro de carbono y nitrógeno simultáneamente, realizan hidrólisis de almidón, caseína, Tween 80 y aesculina con reacción fina. La gelatina y los pectatos se licúan con la ayuda de la bacteria. Necesitan metionina o cisteína para desarrollarse, y el crecimiento se inhibe mediante cloruro de trifeniltetrazolio al 0,02 % (**Verniere et al., 2019**).

Las variaciones bacterianas se diferencian mediante el uso de manitol; los aislados de los grupos B y C comparten características con la organización A y se diferencian por el metabolismo positivo de carbohidratos. La caracterización molecular del género Xanthomonas puede llevarse a cabo mediante estrategias excepcionales, junto con la hibridación ADN-ADN, la huella genética, el perfil de ácidos grasos, la electroforesis en gel de poliacrilamida (SDS-PAGE), el perfil de isoenzimas, los anticuerpos monoclonales y la tipificación de bacteriófagos (**Neto et al., 2020**).

2.3.5. Principal daño de la bacteria cancro citri en la naranja

El cancro de los cítricos, causado por *Xanthomonas citri*, se considera un peligro para la industria citrícola. La enfermedad puede provocar una defoliación extrema, la muerte de las ramas y la caída prematura de los frutos. Estos últimos pueden perder, además, su valor comercial debido a los daños en la cáscara (**Neto et al., 2020**).

Los daños afectan la parte aérea de la planta, y las lesiones producidas varían en función de la edad de la lesión y de la variedad de cítricos afectada (**INTAGRI, 2020**).

Los síntomas presentan rasgos muy particulares: las lesiones son marrones, redondas, elevadas, corchosas, con bordes húmedos, un halo amarillo y un aspecto de cráter (**INTAGRI, 2020**).

2.3.6. Los Síntomas de la bacteria en citrus sinensis

Síntomas de la bacteria en las hojas

Las hojas de la naranja son susceptibles a la enfermedad durante la primera fase de crecimiento; la infección también puede expandirse a lo largo del grosor de la hoja y hacerse más grande por el haz y el envés. Las lesiones en el haz suelen ser más aplanadas y hundidas, mientras que en el envés aparecen como pequeñas ampollas cuando la lesión es más joven, o como pequeños volcanes (bordes salientes y centro hundido) cuando la lesión está más avanzada (**Sáenz y Osorio, 2019**).

Las lesiones jóvenes tienen un halo amarillo y bordes húmedos, que desaparecen con la edad; las lesiones miden unos 2-10 mm, aunque en situaciones favorables se unen y afectan a superficies mayores. Las lesiones en la misma hoja

tienden a mantener un tamaño comparable porque las infecciones también pueden derivar de un único ciclo de infección (**Sáenz y Osorio, 2019**).

En las lesiones maduras, el tejido muerto corchoso puede desprenderse, dejando huecos dentro de las hojas. Cuando la contaminación se produce a través de las estomas, las lesiones suelen estar, en mi opinión, posicionadas; el minador de los cítricos, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera Gracillariidae), debido a su conducta alimentaria, puede aumentar la incidencia y gravedad de los trastornos (**Montalvo, 2020**).

En las galerías provocadas por las larvas del minador, la bacteria tiende a desarrollarse favorablemente, enmascarando casi por completo la lesión; incluso las plantas tolerantes se vuelven susceptibles. El insecto no se considera un vector de *X. citri*, pero desempeña una función importante dentro de la epidemiología de la bacteria (**Montalvo, 2020**).

Los Síntomas de la bacteria en las ramas, tallos y troncos.

Los síntomas en estadios tempranos se presentan como lesiones elevadas, corchosas, erumpentes, con márgenes húmedos. Con el tiempo, los márgenes adquieren un aspecto aceitoso; en especies y cultivares susceptibles, también puede producirse la caída de ramas (**Santillán, 2020**).

Los Síntomas de la bacteria en los frutos.

Los síntomas en la fruta se presentan como lesiones eritematosas, corchosas, elevadas, con márgenes húmedos y un borde clorótico, que generalmente tienden a desaparecer con el aumento de la edad de la lesión. Las lesiones pueden llegar hasta un milímetro de profundidad en la cáscara, pero sin afectar el componente apto para el consumo (**Santillán, 2020**).

Los frutos jóvenes son más propensos y, además, puede producirse más de un ciclo de infección, ya que el período de susceptibilidad es de 90 a 120 días después de la caída de los pétalos. Los frutos afectados no se pueden comercializar debido al daño estético y a las restricciones de cuarentena en los mercados mundiales (Monge et al., 2020).

2.3.7. La Epidemiología de la bacteria Cancro citri

El cancro de los cítricos es una enfermedad que puede presentarse durante todo el año, afectando plántulas y árboles jóvenes, los cuales muestran una alta producción de brotes vegetativos durante la época invernal. Aunque la incidencia de la enfermedad tiende a disminuir cuando los árboles de naranja se encuentran en plena producción, en ese momento no se origina una brotación vegetativa nueva (Monge et al., 2020).

2.3.8. La Sobrevivencia de la bacteria, dispersión y multiplicación

La bacteria sobrevive en lesiones localizadas en brotes vegetativos, que son el principal suministro de inóculo para los siguientes ciclos de cultivo posteriores. La bacteria provoca nuevas infecciones al aparecer los nuevos brotes, lo que genera un número masivo de bacterias que se dispersan por diversas vías de diseminación. Además, la bacteria puede permanecer durante largos intervalos de tiempo en la corteza de troncos y ramas laterales (Russi et al., 2020).

Se forman lesiones de cancro en hojas, ramas y frutos, de las que se puede aislar la bacteria. *Xanthomonas citri* puede seguir existiendo en tejidos infectados como epífita en especies hospedadoras y no hospedadoras, y como saprófita en partículas vegetales presentes en el suelo (Molina y Montes de Oca, 2019).

Xanthomonas citri se disemina con la ayuda del agua presente en la superficie del follaje, la cual gotea y salpica los nuevos brotes. La cantidad de

bacteria en el agua depende de la edad de la lesión y varía entre cien y 100 millones de células bacterianas por gota. Los vientos fuertes aumentan considerablemente la propagación de la enfermedad, ya que provocan heridas en las hojas y las ramas de los árboles (**Molina y Montes de Oca, 2019**).

La bacteria puede recorrer distancias superiores a cien metros en pequeñas gotas y, por ello, provoca infecciones en los arbustos vecinos. El riego por aspersión favorece el desarrollo de la enfermedad debido a las salpicaduras de agua que pueden contener la bacteria (**Campelo, 2020**).

La aparición de epidemias en plantaciones de naranja es una incidencia esporádica; sin embargo, la bacteria puede observarse en los huertos de forma latente en concentraciones indetectables y, mientras las condiciones sean favorables, vuelven a surgir brotes de la enfermedad (**Campelo, 2020**).

La duración crucial durante la cual pueden surgir infecciones en la fruta es a lo largo de los primeros noventa días después del cuajado de la fruta; las infecciones se producen especialmente a través de las estomas y las aberturas naturales (**Segovia et al., 2022**).

La presencia del minador de las hojas *P. citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) puede permitir un aumento de la incidencia y gravedad de la enfermedad. Considerando que el minador no siempre es un insecto vector, los hábitos del insecto generan nuevos puntos de entrada para la bacteria. Además, el insecto prefiere los brotes tiernos y recién emergidos, que están bastante inclinados, y la bacteria crece muy bien en las minas originadas por las larvas (**Segovia et al., 2022**).

2.3.9. Metodología del diagnóstico de la enfermedad de Cancro citri

Es importante muestrear el 25 % de todos los árboles existentes o el 25 % de las hectáreas a inspeccionar. Durante el muestreo en parcelas definidas, se recomienda observar los bordes de las plantaciones, en particular en las zonas con fuertes vientos, debido a la forma en que se propaga la enfermedad (**Miranda et al., 2020**). La inspección constante por parte de los agricultores contribuye a la detección precoz de enfermedades. Todo tejido vegetal sospechoso debe enviarse al laboratorio. Es más recomendable recoger de 20 a 25 hojas con síntomas, así como tallos y frutos, siempre que estén en buenas condiciones para ser enviados al laboratorio (**Miranda et al., 2020**).

Cuando se confirma la presencia de una planta con la enfermedad, se recomienda su eliminación inmediata, así como la de los arbustos cercanos, ya que estarán infectados y serán asintomáticos. Los árboles retirados deben ser incinerados y, en caso de requerir la movilización de árboles, se debe evitar la caída de hojas u otros elementos de la planta en algún punto del transporte. Además, el lugar debe ser puesto en cuarentena inmediatamente (**Stein et al., 2020**).

2.3.10. Metodología para el control y diagnóstico del Cancro cítrico

Exclusión de la bacteria y erradicación del cancro citri

El manejo de la enfermedad se basa en la estricta aplicación de normas sobre la importación de plantas propagativas y frutas de zonas en las que la enfermedad está presente en otras regiones, lo cual es vital para evitar la introducción de la bacteria (**Stein et al., 2020**).

Si no se establecen estas técnicas de control, la enfermedad puede propagarse rápidamente a todas las plantaciones de naranjas, provocando

pérdidas crecientes y gastos de control. La erradicación es viable para *Xanthomonas citri* debido a las características intrínsecas del patógeno, como el hecho de que es incapaz de sobrevivir durante largos intervalos fuera del hospedador, no posee un vector específico, los signos y síntomas son fácilmente detectables, el rango de hospedadores es amplio y las variedades comerciales resistentes a la enfermedad han sido previamente eliminadas en varios países, como EE. UU., Australia y Sudáfrica (Vallejo et al., 2020).

Para una aplicación de erradicación, es muy importante determinar el período de tiempo durante el cual la enfermedad ha estado activa en un sitio específico, lo cual se establecerá con la ayuda de las características de los síntomas y los órganos afectados (Vallejo et al., 2020).

Metodología para el control integrado del Cancro cítrico

Las actividades humanas juegan un papel importante en la diseminación del cancro cítrico, principalmente a través del traslado de material vegetal infectado, arbustos contaminados, vehículos y frutas descartadas en las plantaciones, que actúan como fuentes clave de inóculo (González, 2020).

En los viveros, los trabajadores pueden transportar la bacteria en las manos, la ropa o herramientas. Además, los equipos usados en la recolección, poda, pulverización y transporte pueden ser vectores de contaminación. Por ello, es fundamental implementar medidas de desinfección tanto para el personal como para el equipo, a fin de reducir el riesgo de propagación. No se ha comprobado la transmisión de la bacteria por semillas (González, 2020).

Una práctica efectiva es la instalación de cortavientos en las plantaciones, lo cual ayuda a limitar la dispersión de la bacteria por el viento y protege a las plantas del daño físico. Se recomienda establecer los cultivos en zonas de baja

exposición al viento y evitar labores agrícolas, como la poda, durante condiciones de alta humedad. También es necesario desinfectar la ropa y el equipo de trabajo regularmente **(FAO, 2020)**.

El control del minador de la hoja es esencial y deben aplicarse fungicidas completamente a base de cobre a los brotes jóvenes de 2 a 3 veces en condiciones secas y seis o más aplicaciones en condiciones húmedas **(FAO, 2020)**.

El manejo del cancro cítrico se basa en prácticas preventivas como el uso de variedades tolerantes, la creación de barreras naturales (cortavientos) y la aplicación de fungicidas cúpricos sobre los brotes jóvenes para protegerlos de posibles infecciones **(Bernal, 2019)**. Las pulverizaciones con compuestos a base de cobre han demostrado ser eficaces, especialmente durante las nuevas brotaciones.

Entre los productos cúpricos recomendados se encuentran: oxiclорuro de cobre micronizado, sulfato de cobre tribásico, hidróxido cúprico y óxido cúprico, todos en formulaciones micronizadas. La dosis sugerida es de 1,5 a 3 kg por cada 1,000 litros de agua **(Paredes et al., 2020)**.

Asimismo, el monitoreo y control del minador de los cítricos reduce significativamente la gravedad de la enfermedad. Se recomienda muestrear el 100 % de los arbustos dos veces al año; si se detecta la presencia de *Xanthomonas citri*, se deben eliminar todas las plantas afectadas en el área **(Paredes et al., 2020)**.

Desinfección de los materiales de campo

La desinfección del personal, los equipos y materiales utilizados en campo es una medida fundamental en la prevención y control de la diseminación de *Xanthomonas citri subsp. citri*, agente causal del cancro de los cítricos. Este

proceso debe llevarse a cabo de forma sistemática y continua antes, durante y después de cualquier intervención en los cultivos.

Previo al ingreso al área de cultivo, es indispensable inspeccionar vehículos, maquinarias y herramientas agrícolas para identificar y eliminar cualquier resto vegetal (hojas, ramas, suelo adherido, etc.) que pueda actuar como vehículo de transmisión del patógeno. Esta limpieza también debe aplicarse a contenedores, ropa de trabajo y utensilios. Los residuos vegetales deben eliminarse dentro del mismo predio afectado para evitar su propagación, y posteriormente se deben aplicar desinfectantes adecuados (**Messina et al., 2019**).

En cuanto al personal, se debe garantizar la desinfección de las manos, dedos, accesorios y cualquier parte del cuerpo que haya estado en contacto con plantas enfermas o áreas infectadas. El lavado de manos debe realizarse durante al menos 20 a 30 segundos, prestando atención a las uñas y los espacios entre los dedos. Para la ropa de trabajo, se recomienda la desinfección mediante pulverización con productos **autorizados** (**Messina et al., 2019**).

El procedimiento de desinfección de los equipos implica primero la eliminación mecánica de restos orgánicos y suciedad, seguido del lavado con detergente y la posterior aplicación de un desinfectante. Es recomendable que el producto tenga un tiempo de contacto mínimo de 10 minutos para asegurar su efectividad (**Santillán et al., 2020**).

Es importante señalar que los desinfectantes destinados a equipos y superficies **no deben usarse sobre el personal**. Entre los productos recomendados para la desinfección de herramientas y maquinarias se encuentran los compuestos de amonio cuaternario (QAC), como el cloruro de dimetilamonio

combinado con cloruro de dimetilbenciloamonio, en concentraciones de 2000 ppm (0,2 %), aplicados hasta escurrimiento del producto (**Santillán et al., 2020**).

Otros agentes desinfectantes eficaces incluyen el ácido peracético y el peróxido de hidrógeno, los cuales se aplican mediante sistemas de inyección en superficies y equipos. El cloro también se emplea en concentraciones de 2000 ppm, aunque su eficacia disminuye con el tiempo, por lo que se debe renovar periódicamente.

El pH del cloro debe mantenerse entre 6,0 y 7,5 para asegurar su efectividad; además, en presencia de materia orgánica, su acción se reduce **significativamente (Moya, 2019; Iturralde et al., 2019)**

Complementariamente, el uso de agua caliente y detergente, aplicado a alta presión y a temperaturas mínimas de 71 °C, también constituye una alternativa eficaz para la desinfección de superficies contaminadas (**Iturralde et al., 2019**).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Si se implementa un sistema de diagnóstico temprano basado en técnicas moleculares y estrategias de manejo integrado, entonces se puede optimizar el control del cancro de los cítricos causado por *Xanthomonas citri* y reducir su impacto en el valle de Chanchamayo, región Junín.

2.4.2. Hipótesis específicas

- El análisis molecular mediante ADN permite la detección temprana y precisa de *Xanthomonas citri* en los cultivos de cítricos del valle de Chanchamayo.

- Los síntomas característicos de la enfermedad pueden ser identificados con claridad en los órganos afectados de *Citrus sinensis*, facilitando su diagnóstico visual en campo.
- La incidencia de la enfermedad varía en función de las condiciones agroecológicas locales del valle de Chanchamayo y sus distritos.
- La implementación de estrategias preventivas adecuadas disminuye significativamente el riesgo de introducción y propagación de *Xanthomonas citri* en las zonas cítricas de la región.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable dependiente:

Diagnóstico del cancro de los cítricos causado por *Xanthomonas citri*.

Esta variable representa el eje central del estudio, dado que se busca optimizar el diagnóstico de la enfermedad en los cultivos de cítricos, particularmente en *Citrus sinensis*. El diagnóstico abarca dos enfoques complementarios: el uso de técnicas moleculares de análisis de ADN, que permiten la identificación temprana y precisa del patógeno, y la observación de síntomas visibles en las diferentes partes del árbol (hojas, tallos, ramas y frutos). Estos enfoques permiten evaluar la efectividad del sistema de detección, así como su aplicabilidad en condiciones reales de campo.

Las dimensiones consideradas para esta variable incluyen:

- Diagnóstico molecular: mediante técnicas como la PCR, se analiza la presencia del ADN de *Xanthomonas citri* en muestras vegetales.
- Sintomatología visible: evaluación de manifestaciones externas típicas del cancro cítrico.

- Órganos afectados del naranjo: análisis de la distribución de síntomas en los diferentes órganos de la planta.

2.5.2. Variable independiente:

Estrategias de prevención y control

Esta variable se refiere a las medidas agronómicas, químicas, biológicas y culturales que pueden implementarse para evitar o reducir la propagación de *Xanthomonas citri*. Estas estrategias tienen como objetivo proteger los cultivos y disminuir la incidencia de la enfermedad, fortaleciendo así el sistema de producción cítrica en la región. Su análisis permitirá identificar qué prácticas son más efectivas bajo las condiciones locales.

Las dimensiones abordadas en esta variable comprenden:

- Prácticas preventivas: como la desinfección de herramientas, el monitoreo constante y el control del ingreso de vectores o materiales contaminados.
- Control químico y biológico: aplicación de productos fitosanitarios o agentes biocontroladores específicos.
- Manejo integrado del cultivo: combinación de diferentes estrategias que promuevan la sanidad del cultivo de manera sostenible.

2.5.3. Variable interviniente:

Condiciones agroecológicas del valle de Chanchamayo

Esta variable considera los factores ambientales y geográficos que pueden influir directamente en el comportamiento del cancro de los cítricos y en la efectividad de las estrategias de control. El valle de Chanchamayo presenta una diversidad de condiciones climáticas, altitudes y prácticas agrícolas, lo cual puede generar variaciones significativas en la incidencia y severidad de la enfermedad.

Las dimensiones de esta variable incluyen:

- **Clima:** temperatura, humedad y precipitaciones, que influyen en la propagación del patógeno.
- **Altitud:** factor que puede afectar tanto la biología de *Xanthomonas citri* como la fisiología del cultivo.
- **Manejo agrícola local:** prácticas tradicionales o modernas empleadas en la región que pueden impactar en la aparición o control de la enfermedad.

El análisis conjunto de estas variables permitirá comprender de manera integral la dinámica de la enfermedad en la región de estudio, así como proponer estrategias de diagnóstico y control efectivas y contextualizadas.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

2.6.1. Variable dependiente:

Diagnóstico del cancro de los cítricos causado por Xanthomonas citri

Esta variable se centra en identificar y evaluar el estado sanitario de los cultivos de cítricos mediante métodos científicos y observacionales. Se estructura en tres dimensiones:

- **Diagnóstico molecular:**

Se refiere a la identificación de la bacteria mediante técnicas de análisis de ADN.

Indicador: Resultado positivo o negativo en pruebas moleculares como la PCR.

Procedimiento: Extracción de ADN, amplificación por PCR y análisis por electroforesis.

- **Sintomatología visible:**

Consiste en la observación directa de los síntomas característicos de la enfermedad en el cultivo.

Indicador: Presencia de lesiones típicas en hojas, tallos, ramas y frutos.

Procedimiento: Inspección visual, registro fotográfico y uso de fichas de evaluación.

- **Órganos afectados del naranjo:**

Determina qué partes de la planta presentan síntomas de la enfermedad.

Indicador: Tipo de órgano afectado (hoja, fruto, tallo, rama).

Procedimiento: Observación en campo y georreferenciación con GPS.

2.6.2. Variable independiente:

Estrategias de prevención y control

Esta variable analiza las medidas implementadas para evitar o reducir la propagación de *Xanthomonas citri* en los cultivos. Se descompone en las siguientes dimensiones:

- **Prácticas preventivas:** Incluye actividades como la desinfección de herramientas, el monitoreo constante y el control del ingreso de vectores.

Indicador: Número de estrategias aplicadas en las parcelas.

Procedimiento: Registro de prácticas en fichas técnicas y entrevistas a agricultores.

- **Control químico y biológico:** Considera el uso de productos fitosanitarios y agentes biológicos específicos.

Indicador: Frecuencia de aplicación de estos tratamientos.

Procedimiento: Análisis de cronogramas de aplicación y documentación técnica.

- **Manejo integrado del cultivo:**

Evalúa el uso combinado de diferentes estrategias para controlar la enfermedad.

Indicador: Reducción de focos de infección o disminución de incidencia.

Procedimiento: Comparación de registros sanitarios antes y después de la intervención.

2.6.3 Variable interviniente:

Condiciones agroecológicas del valle de Chanchamayo.

Esta variable considera los factores ambientales y geográficos que influyen en la presencia de la enfermedad y en la eficacia de las medidas de control. Se clasifica en tres dimensiones:

- **Clima:** Se refiere a las condiciones meteorológicas predominantes en la zona.

Indicadores: Temperatura promedio, humedad relativa, nivel de precipitaciones.

Procedimiento: Revisión de datos de estaciones meteorológicas o sensores locales.

- **Altitud:** Representa la altura sobre el nivel del mar en cada zona de cultivo.

Indicador: Medición en metros sobre el nivel del mar.

Procedimiento: Uso de GPS y datos catastrales.

- **Manejo agrícola local:**

Analiza las prácticas agrícolas tradicionales o modernas utilizadas en la región.

Indicador: Tipo de manejo agrícola (convencional, orgánico, mixto).

Procedimiento: Encuestas estructuradas, entrevistas y observación directa.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de **tipo aplicada**, ya que tiene como propósito **atender una problemática específica** que incide directamente en la actividad agrícola del valle de Chanchamayo: la detección temprana y el manejo del cancro de los cítricos provocado por *Xanthomonas citri*. En este contexto, se enmarca en los esfuerzos por fortalecer el diagnóstico y manejo fitosanitario en los cultivos afectados de naranja en el Perú. A través de la utilización de herramientas de diagnóstico molecular y la implementación de estrategias de manejo integrado, se pretende incrementar la eficacia en la identificación de la enfermedad y mitigar su efecto sobre los cultivos. Esta iniciativa conlleva repercusiones prácticas inmediatas en el ámbito agrícola, al favorecer la productividad y sostenibilidad de los sistemas citrícolas en la región.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de esta investigación es **descriptivo**, ya que tiene como propósito observar, identificar, registrar y analizar de manera sistemática las características

del problema fitopatológico en su contexto natural, sin manipular las variables que lo originan. En este caso, se busca describir de forma detallada la sintomatología del cancro de los cítricos, causado por *Xanthomonas citri*, en los distintos órganos del árbol de naranja (*Citrus sinensis*), tales como hojas, tallos, frutos y ramas. Asimismo, se documenta su distribución geográfica en el valle de Chanchamayo, su comportamiento en el campo y los factores ambientales y agronómicos que inciden en su aparición y desarrollo.

Este nivel de investigación permite obtener un panorama claro y objetivo de la enfermedad en condiciones reales, facilitando la identificación de patrones, tendencias y relaciones relevantes que pueden contribuir al diagnóstico temprano y al diseño de estrategias fitosanitarias más eficaces. Aunque no se manipulan experimentalmente las condiciones en las que se presenta el fenómeno, la información obtenida resulta fundamental como base para futuras investigaciones aplicadas o experimentales en el ámbito de la sanidad vegetal.

3.3. Métodos de investigación

El diseño adoptado es de tipo **experimental transversal**. Se clasifica como **experimental** porque se implementan estrategias de diagnóstico y manejo en condiciones reales de campo, con el propósito de evaluar su eficacia frente al cancro de los cítricos causado por *Xanthomonas citri*.

La información obtenida se organiza mediante fichas estructuradas, se georreferencia con GPS y se almacena digitalmente para su posterior procesamiento estadístico. La metodología busca validar hipótesis previamente planteadas, con base en evidencias numéricas claras y verificables.

La población de estudio está constituida por aproximadamente **277 plantas por hectárea**, dentro de una extensión total de **16,500 hectáreas** de

cultivos cítricos distribuidos en los distintos distritos del valle de Chanchamayo. La muestra se selecciona por conglomerados, considerando zonas representativas de producción citrícola.

Los instrumentos utilizados incluyen:

- Fichas de evaluación estructurada
- GPS para georreferenciación
- Pintura en spray para marcaje de plantas afectadas
- Laptop para registro y análisis digital de datos
- Equipamiento de laboratorio para análisis de ADN

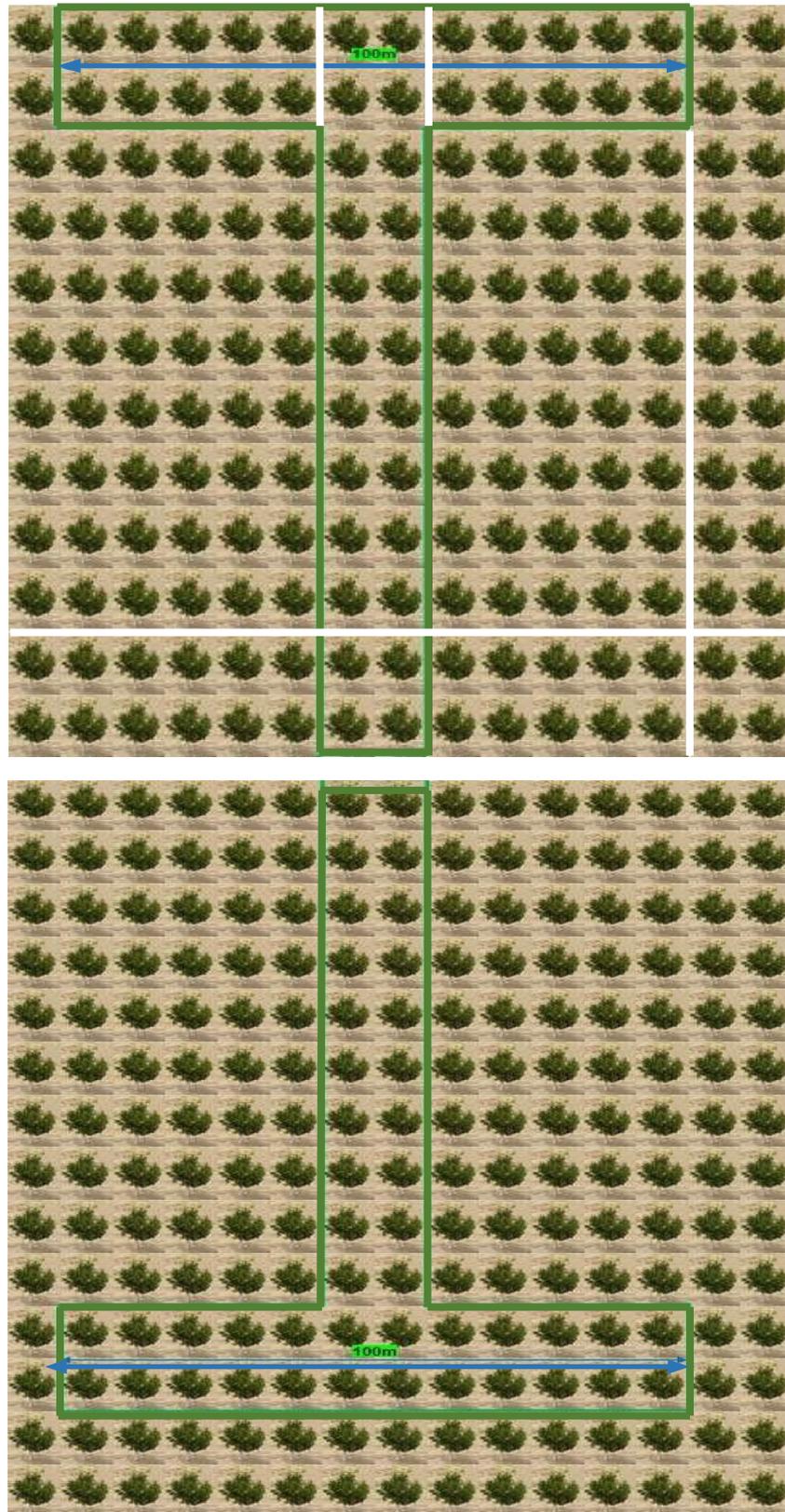
3.4. Diseño de investigación

El diseño adoptado es de tipo **experimental transversal**. Se clasifica como **experimental** porque se implementan estrategias de diagnóstico y manejo en condiciones reales de campo, con el propósito de evaluar su eficacia frente al cancro de los cítricos causado por *Xanthomonas citri*.

Además, es un **diseño transversal**, ya que la recolección de datos se realiza durante un periodo específico y delimitado, comprendido entre diciembre de 2023 y marzo de 2024, permitiendo obtener un panorama representativo del comportamiento de la enfermedad en ese intervalo estacional.

Este diseño posibilita analizar la relación entre la aplicación de técnicas moleculares y prácticas de manejo preventivo con los niveles de incidencia del patógeno, respetando las condiciones naturales del entorno agrícola.

Figura 1. Croquis de las parcelas de la evaluación.



3.4.1. Característica de los campos evaluados

La evaluación fitosanitaria del cancro de los cítricos se realizó a través de **inspecciones directas en campo**, bajo criterios técnicos preestablecidos.

Las parcelas evaluadas pertenecen a productores de diversos sectores del valle de Chanchamayo región Junín, incluyendo distritos, anexos y comunidades nativas.

El área total diagnosticada abarcó aproximadamente **16,500 hectáreas de cultivos cítricos**, lo cual brindó una muestra representativa del estado sanitario de la región. Durante las evaluaciones se identificaron síntomas característicos de la enfermedad, lo que permitió establecer la presencia del patógeno y documentar su distribución espacial.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población de estudio está conformada por cultivos de cítricos presentes en el valle de Chanchamayo, región Junín, con énfasis en las variedades **naranja Valencia (Citrus sinensis)**, **tangerina (Citrus reticulata)** y **tangelo (Citrus tangelo)**. Esta zona constituye una de las principales áreas productoras de cítricos del país, con una densidad promedio de aproximadamente **277 plantas por hectárea**, distribuidas en una superficie cultivada estimada en **16,500 hectáreas**.

Las plantaciones se establecieron con diferentes distanciamientos entre plantas, incluyendo configuraciones de **6 × 6 m, 8 × 8 m, 7 × 6 m, 4 × 5 m y 5 × 5 m**, según las condiciones del terreno y el sistema de manejo agrícola. Cada parcela experimental evaluada comprendía un número variable de plantas, que oscilaba entre **156, 238, 277** y hasta **400 plantas por unidad productiva**,

permitiendo una muestra representativa de la diversidad de configuraciones y condiciones de cultivo en la región.

3.5.2. Muestra

La muestra de la investigación fue determinada mediante un **muestreo por conglomerados** geográficos, considerando la extensión territorial y la diversidad agroecológica de los cultivos cítricos en el valle de Chanchamayo. Este tipo de muestreo permitió seleccionar sectores estratégicos del área total de estudio (16,500 hectáreas) que fueran representativos en cuanto a condiciones ambientales, manejo agrícola y presencia de síntomas de la enfermedad.

Se eligieron unidades productivas (parcelas y fundos) distribuidas en diferentes distritos del valle, donde se evaluaron las plantas cítricas en base a los siguientes **criterios de inclusión:**

- Plantaciones de cítricos activas durante el periodo diciembre 2023 – marzo 2024.
- Evidencia visible de síntomas compatibles con *Xanthomonas citri*.
- Accesibilidad para realizar muestreos y pruebas diagnósticas.
- Consentimiento del productor o encargado para la toma de muestras.

Este enfoque permitió trabajar con un conjunto representativo de plantas afectadas por la enfermedad en diversas condiciones de cultivo, garantizando la validez externa de los hallazgos y la aplicabilidad de los resultados a nivel regional.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para cumplir con los objetivos de la investigación y validar las hipótesis planteadas, se emplearon técnicas e instrumentos adecuados tanto para el trabajo de campo como para el análisis en laboratorio.

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

- **Observación directa**

Se utilizó esta técnica para identificar y registrar la presencia de síntomas visibles del cancro de los cítricos (*Xanthomonas citri*) en las plantas evaluadas. Se observaron órganos específicos del naranjo (*Citrus sinensis*), como hojas, tallos, ramas y frutos, en busca de signos característicos de la enfermedad.

- **Diagnóstico molecular (análisis de ADN)**

Se aplicaron técnicas moleculares de biología molecular para confirmar la presencia de *Xanthomonas citri*. Esta técnica permitió detectar el patógeno con mayor precisión, incluso en fases tempranas de la infección, fortaleciendo la confiabilidad del diagnóstico.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

- **Ficha de evaluación estructurada:**

Permitió registrar de manera sistemática los síntomas observados en campo, la ubicación geográfica, la intensidad del daño y otros datos relevantes.

- **GPS:**

Utilizado para georreferenciar las plantas afectadas y establecer mapas de distribución espacial de la enfermedad en el valle de Chanchamayo.

- **Pintura en spray:**

Empleada para marcar las plantas evaluadas y facilitar su seguimiento durante el periodo de estudio.

- **Laptop o dispositivo electrónico portátil:**

Utilizado para el almacenamiento, organización y respaldo de los datos recolectados, así como para la posterior sistematización y análisis estadístico.

- **Equipo de laboratorio para análisis molecular:**

Incluye kits de extracción de ADN, termocicladores (PCR), micropipetas, tubos Eppendorf y reactivos específicos para la detección de *Xanthomonas citri*.

Estas herramientas aseguraron una recolección de datos objetiva, precisa y científicamente válida, en concordancia con el enfoque cuantitativo y el diseño experimental de la investigación.

3.6.3. Recolección de muestras con síntomas sospechosos

Las muestras fueron recolectadas directamente de plantas que presentaban síntomas visuales compatibles con *Xanthomonas citri*. El protocolo de muestreo incluyó la selección de:

- 5 hojas,
- 6 frutos,
- 5 tallos de 20 cm de longitud, provenientes de diferentes partes de la planta afectada. Se priorizó la combinación de tejidos sintomáticos y asintomáticos para asegurar una evaluación integral. Las muestras debían estar frescas, sin oxidación ni presencia de organismos saprófitos, ya que la calidad del tejido fue crucial para obtener resultados fiables en el laboratorio.

3.6.4. Empaquetado de la muestra y envío al laboratorio

Cada muestra vegetal fue envuelta en papel absorbente y empacada en bolsas plásticas con cierre hermético, rotuladas con el código correspondiente. Posteriormente, fueron transportadas en una hielera con geles refrigerantes para

mantener la temperatura adecuada. En lo posible, el envío al laboratorio se realizó el mismo día; de no ser así, las muestras se conservaron a 4 °C hasta su remisión al día siguiente.

3.6.5. Envío de muestras al laboratorio de bacteriología

Las muestras recolectadas fueron enviadas al laboratorio de bacteriología, teniendo en cuenta los tiempos óptimos de traslado para evitar la degradación del tejido. El objetivo fue aislar la bacteria *Xanthomonas citri*, garantizando que el material llegara en condiciones aptas para el análisis.

3.6.6. Recepción del material vegetal en el laboratorio

Al recibir el material en el laboratorio, se realizó una inspección inicial para verificar su estado. Solo las muestras que se mantenían frescas, sin oxidación excesiva ni contaminantes externos, fueron aceptadas para análisis. El diagnóstico se enfocó en tejidos que presentaban los síntomas más intensos, ya que en estas áreas suele concentrarse una mayor carga bacteriana.

3.6.7. Resultado de las muestras positivas obtenidas

Para asegurar la fiabilidad del diagnóstico positivo, se aplicaron al menos dos técnicas de detección con principios metodológicos diferentes. Esta doble validación fue fundamental para confirmar la presencia de *Xanthomonas citri* con alta precisión. El uso combinado del aislamiento bacteriano y el análisis molecular fortaleció la certeza diagnóstica del estudio.

Figura 2. Procedimiento de recolección y envío de muestras para diagnóstico de *Xanthomonas citri*.



3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La confiabilidad de los resultados de esta investigación dependió en gran medida de la correcta selección, validación y uso de los instrumentos empleados para la recolección y análisis de datos, tanto en campo como en laboratorio.

3.7.1. Selección de los instrumentos

Los instrumentos fueron seleccionados en función de su pertinencia para cumplir con los objetivos de la investigación y su capacidad para recopilar datos cuantitativos y cualitativos sobre la presencia de *Xanthomonas citri*. Entre ellos destacan:

- **Ficha de evaluación estructurada:** diseñada específicamente para registrar síntomas visibles en campo, ubicación geográfica, tipo de tejido afectado, y observaciones adicionales.

- **GPS:** para georreferenciar las muestras y establecer patrones espaciales de dispersión de la enfermedad.
- **Dispositivos electrónicos (laptop, tablet):** para el registro digital y almacenamiento seguro de datos en tiempo real.
- **Equipos de laboratorio para diagnóstico molecular:** como kits de extracción de ADN, termocicladores (PCR), micropipetas y reactivos, seleccionados por su sensibilidad y especificidad en la detección de *Xanthomonas citri*.

3.7.2. Validación de los instrumentos

Los instrumentos fueron sometidos a un proceso de validación de contenido con la participación de especialistas en fitopatología, biología molecular y estadística agrícola. Se aplicaron pruebas piloto en campo con un número reducido de plantas para verificar la funcionalidad de la ficha de evaluación, y se realizaron simulaciones en laboratorio para asegurar la correcta ejecución del protocolo molecular.

La validación consideró tres criterios fundamentales:

- **Claridad** de las instrucciones y registros.
- **Pertinencia** de los indicadores evaluados respecto a los objetivos de investigación.
- **Facilidad de uso** en condiciones reales de campo.

3.7.3. Confiabilidad de los instrumentos

Para garantizar la confiabilidad de los instrumentos, se aplicaron los siguientes procedimientos:

- **Capacitación del equipo de campo y laboratorio,** asegurando la estandarización en la toma de datos.

- **Repetición de diagnósticos moleculares**, utilizando dos técnicas independientes para confirmar la presencia de *Xanthomonas citri*.
- **Registro paralelo de datos**, mediante doble digitación en hojas electrónicas para reducir el margen de error.

Estos procedimientos permitieron minimizar la subjetividad y los errores sistemáticos, asegurando la consistencia de los datos recolectados.

Asimismo, para validar la confiabilidad del aislamiento de la bacteria *Xanthomonas citri*, fue fundamental seleccionar adecuadamente el tejido vegetal, asegurando una alta concentración bacteriana. Esto se logró mediante la recolección de muestras en zonas de avance de la enfermedad, es decir, aquellas que incluyen tanto tejido sano como enfermo.

El procedimiento de aislamiento seguido fue el siguiente:

- Se realizaron cortes con bisturí previamente desinfectado con etanol al 70%, extrayendo fragmentos de tejido de las áreas sintomáticas seleccionadas.
- Las muestras fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1% durante 90 segundos.
- Posteriormente, se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril para eliminar residuos de desinfectante, en condiciones asépticas para prevenir la contaminación cruzada.

Se priorizó el uso de muestras frescas, ya que el análisis debía realizarse en el menor tiempo posible tras su recolección. En casos donde los síntomas estaban muy avanzados, el tejido contenía pocas células cultivables de *Xanthomonas citri subsp. citri*, lo que dificultaba el aislamiento. Además, se consideró la posible presencia de bacterias competidoras como *Pantoea agglomerans*, cuya morfología es similar en medios de cultivo. Para evitar errores

de identificación, se prestó especial atención a las diferencias morfológicas: *Pantoea agglomerans* produce colonias más intensamente amarillas y de crecimiento más rápido que *Xanthomonas citri subsp. citri* (IPPC, 2014).

Este proceso reforzó la confiabilidad del diagnóstico microbiológico como parte fundamental de los instrumentos de investigación aplicados en el estudio.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de los datos recolectados se realizó mediante técnicas estadísticas descriptivas, adecuadas para interpretar los resultados obtenidos en campo y laboratorio. Estas técnicas permitieron organizar, resumir y presentar la información de manera clara y comprensible, con el objetivo de responder a los objetivos específicos y contrastar las hipótesis planteadas.

3.8.1. Procesamiento de datos

1. Codificación y sistematización:

Los datos recolectados a través de las fichas de evaluación, observaciones de campo y registros moleculares fueron codificados numéricamente y organizados en bases de datos digitales. Se utilizó software de hojas de cálculo (Microsoft Excel) para la estructuración inicial de la información y su posterior exportación a programas de análisis estadístico.

2. Control de calidad:

Se aplicó una verificación cruzada de registros mediante doble digitación y revisión de datos inconsistentes para asegurar su exactitud. Asimismo, se descartaron las muestras con información incompleta o alterada que pudieran afectar la interpretación final.

3.8.2. Análisis de datos

El análisis se realizó utilizando estadística descriptiva, enfocada en:

- Frecuencias absolutas y relativas para determinar la incidencia de *Xanthomonas citri* en las diferentes zonas del valle de Chanchamayo.
- Promedios y porcentajes para estimar la distribución de síntomas visibles en los órganos del *Citrus sinensis* (hojas, tallos, frutos, ramas).
- Tablas de contingencia y gráficos para visualizar la relación entre los síntomas, condiciones agroecológicas y la presencia de la bacteria.
- Interpretación comparativa de resultados moleculares (técnicas de ADN) y observaciones visuales, a fin de validar la precisión de los métodos diagnósticos.

3.8.3. Prueba de patogenicidad

Como parte del análisis confirmatorio, se realizó una prueba de patogenicidad con el objetivo de comprobar la capacidad infecciosa de la bacteria aislada:

1. **Desinfección de las hojas:** Se seleccionaron cinco hojas de *Citrus sinensis* y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% durante 90 segundos.
2. **Enjuague:** Las hojas fueron enjuagadas tres veces con agua destilada estéril para eliminar residuos de desinfectante.
3. **Secado:** Posteriormente, se colocaron en cajas Petri con papel filtro estéril y se dejaron secar en campana de flujo laminar a temperatura ambiente.
4. **Inoculación:** Se inyectó la suspensión bacteriana o el macerado de tejido infectado en cuatro de las hojas; una hoja adicional fue utilizada como testigo e inoculada con agua destilada estéril.

5. **Incubación y observación:** Las hojas se mantuvieron a 28 °C durante 12 días bajo luz constante. A partir del tercer día, se observaron pústulas incipientes de aspecto blanquecino, visibles inicialmente con microscopio. Entre el día 10 y 12, si la bacteria *Xanthomonas citri subsp. citri* estaba presente, las lesiones eran visibles a simple vista. Además, se pudo aislar nuevamente la bacteria para confirmar su patogenicidad (IPPC, 2014).

Este procedimiento aseguró la validez y confiabilidad del diagnóstico, complementando los análisis moleculares y observacionales en campo.

3.9. Tratamiento estadístico

El tratamiento estadístico aplicado en esta investigación se utilizó para analizar los datos obtenidos durante las pruebas bioquímicas, fisiológicas y moleculares realizadas a muestras sospechosas de contener la bacteria *Xanthomonas citri subsp. citri*. Se empleó estadística descriptiva para cuantificar la incidencia de la enfermedad y caracterizar el comportamiento del patógeno en los diferentes distritos del valle de Chanchamayo.

3.9.1. Tratamiento estadístico de las pruebas bioquímicas de *Xanthomonas citri*

Para determinar las características fisiológicas y bioquímicas de la bacteria, se cultivaron cepas puras en medios nutritivos específicos y se observaron los cambios enzimáticos tras un periodo de incubación. Este análisis incluyó la evaluación de la capacidad de utilizar ciertos nutrientes, la producción de compuestos y los cambios en las propiedades químicas del medio. A continuación, se presenta un resumen de los resultados:

Tabla 1. Pruebas bioquímicas para la identificación de *Xanthomonas citri*.

Prueba	Resultado
Tinción de Gram y/o Reacción de KOH	Gram negativa / KOH (-)
Reacción de hipersensibilidad en tabaco	-
Reacción de O/F	+/-
Oxidasa	- o débil
Crecimiento mucoide en medio YDC	+
Reducción de nitratos	-
Licuefacción de gelatina	+
Licuefacción del gel pectato	+
Hidrólisis de:	
Almidón	+
Caseína	+
Tween 20	+
Tween 80	+
Esculina	+
Producción de ácido a partir de:	
L - arabinosa	+
L - rhamnosa	+
Celobiosa	+
Sacarosa	+

(+) = Reacción positiva

3.9.2. Evaluación molecular mediante PCR

Para determinar la incidencia de *Xanthomonas citri* en hojas de *Citrus sinensis*, se aplicó la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), seleccionada por su alta sensibilidad y especificidad. La muestra incluyó hojas de naranjos provenientes de seis distritos del valle de Chanchamayo, recolectadas entre diciembre y marzo.

Tabla 2. Porcentaje de detección de *Xanthomonas citri* mediante PCR.

Parcela	NMAPM	Detección mediante PCR				Total (%)
		Dic	Ene.	Feb.	Mar.	
Vitoc	8	2	2	2	2	0.8
San Ramon	8	2	2	2	2	0.8
La Merced	8	2	2	2	2	0.8
San Luis de Shuaro	8	2	2	2	2	0.8
Perene	8	2	2	2	2	0.8
Pichanaqui	8	2	2	2	2	0.8

NMAPM= Número de muestras analizadas por mes.

Interpretación de los resultados en función del riesgo fitosanitario e impacto para el productor:

A pesar del bajo porcentaje de incidencia (0.8%), la presencia constante del patógeno en todas las zonas evaluadas revela un riesgo fitosanitario latente. Bajo condiciones favorables (lluvias, calor, viento), el patógeno puede propagarse rápidamente y provocar pérdidas económicas importantes si no se establecen estrategias de manejo adecuadas.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La presente investigación se realizó respetando los principios éticos fundamentales de la investigación científica, garantizando la honestidad académica, el respeto al entorno natural y la responsabilidad social. En todo momento se procuró actuar con integridad en la recolección, procesamiento y análisis de datos, preservando la salud del ecosistema agrícola y minimizando cualquier impacto negativo sobre los cultivos muestreados.

3.10.1. Orientación ética y filosófica

Desde el enfoque ético, esta investigación se desarrolló bajo los principios de la bioética y la sostenibilidad, priorizando el respeto por la biodiversidad agrícola del valle de Chanchamayo y el bienestar de los productores locales. La

postura filosófica asumida reconoce el valor del conocimiento como herramienta para el desarrollo agropecuario sostenible y el control racional de enfermedades fitosanitarias.

3.10.2. Orientación epistémica

En cuanto a su orientación epistémica, el estudio se sitúa en un paradigma empírico-cuantitativo, orientado a la obtención de conocimiento verificable a través de la observación, experimentación y análisis estadístico. Se emplearon métodos científicos validados, como el diagnóstico molecular (PCR), aislamiento bacteriano, pruebas bioquímicas y de patogenicidad, que permitieron obtener resultados confiables y reproducibles.

3.10.3. Autoría y responsabilidad académica

Los autores, **Jhan Franklin Inga Huallpa** y **Yonil Amador Aguirre Rivera**, desarrollaron esta tesis en coordinación con su asesor, el **Dr. Manuel Llanos Zevallos**, cumpliendo con los principios de ética académica y de autoría responsable. También se obtuvo consentimiento verbal de los agricultores para la toma de muestras, garantizando la confidencialidad y resguardo de sus datos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1 Ubicación del campo experimental

Los trabajos de diagnóstico y evaluación de la enfermedad del cancro de los cítricos se llevaron a cabo en el valle de Chanchamayo, ubicado en la región Junín. Las actividades de campo se desarrollaron en los distritos de Vitoc, San Ramón, La Merced, San Luis de Shuaro, Perené y Pichanaqui, todos ellos reconocidos por su producción citrícola.

4.1.2. Ubicaciones Geográficas

- Departamento : Junín
- Provincia : Chanchamayo
- Distritos : Vitoc, San Ramón, La Merced, San Luis de Shuaro, Perené y Pichanaqui.
- Latitud Sur : 11° 03' 00"
- Longitud Norte: 75° 18' 45"

4.1.3. Ubicación geográfica del valle de Chanchamayo

El valle de Chanchamayo se encuentra en la región geográfica de la selva alta peruana, en la provincia del mismo nombre, departamento de Junín. Su ubicación estratégica y clima favorable lo convierten en una zona idónea para el cultivo de cítricos.

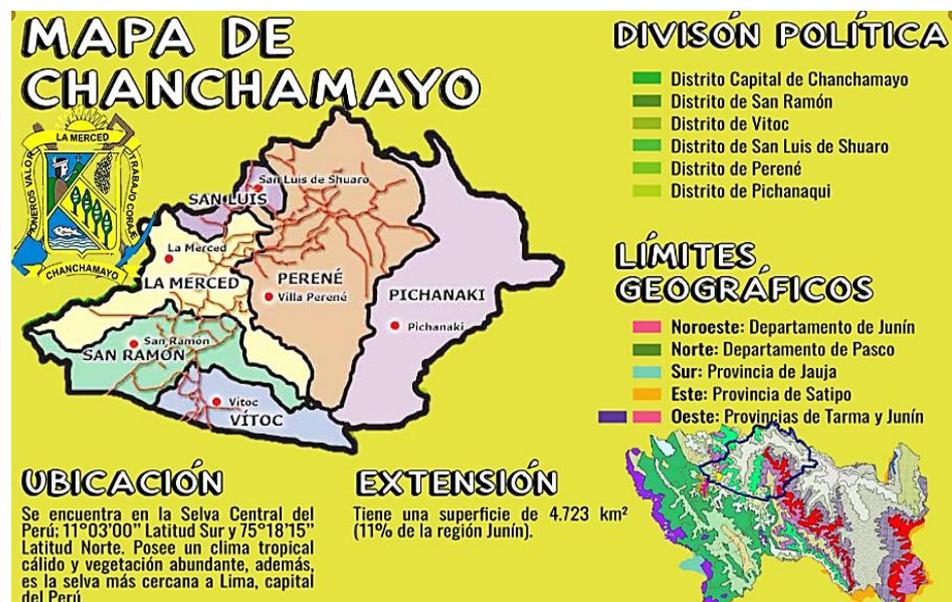
➤ **Límites geográficos:**

- Al norte : Departamento de Pasco
- Al sur : Provincia de Jauja
- Al este : Provincia de Satipo
- Al oeste : Provincias de Tarma y Junín

➤ **Altitud** : Entre 700 y 1930 m.s.n.m.

➤ **Temperatura promedio** : Entre 26 °C y 32 °C

Figura 3. Mapa del valle de Chanchamayo y sus distritos con datos meteorológicos.



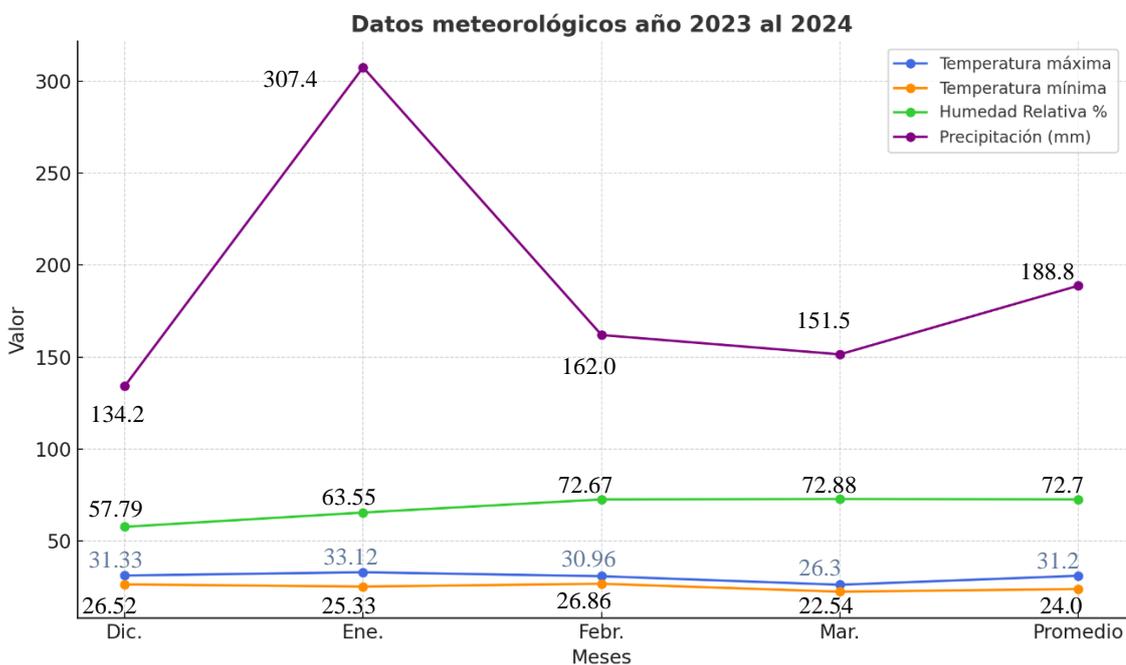
Se determinó una **temperatura máxima promedio de 31.2 °C** y una **temperatura mínima promedio de 24 °C**, lo que ubica al entorno en un rango térmico cálido y constante. Además, se registró una **humedad relativa promedio**

del 72.7 %, condición que contribuye directamente a la proliferación de la bacteria en los tejidos de las plantas, ya que la humedad y el calor son factores determinantes en la patogénesis y diseminación de *Xanthomonas citri*.

Estas condiciones climáticas reafirman la importancia de establecer sistemas de monitoreo fitosanitario y programas de manejo integrado de enfermedades en zonas citrícolas ubicadas en climas tropicales y subtropicales como el valle de Chanchamayo.

Tabla 3. Datos meteorológicos del año 2023 al 2024.

Año 2023 al 2024	Dic.	Ene.	Febr.	Mar.	Promedio
Temperatura máxima	31.33	33.12	30.96	26.3	31.2
Temperatura mínima	26.52	25.33	26.86	22.54	24.0
Humedad Relativa %	57.79	63.55	72.67	72.88	72.7
Precipitación (mm)	134.2	307.4	162.0	151.5	188.8



4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Preparación y esterilización de medios de cultivo

Tabla 4. Medio YDC (Yeast Dextrose Calcium Carbonate)

Reactivo	Cantidad
Extracto de levadura	10.0 g
Glucosa	1.0 g
Carbonato de Calcio	1.0 g
Agar	15.0 g
Agua destilada	1000 ml
Esterilización: Autoclave 20 minutos a 121 °C (15 lb/in ²).	

Este es un medio clásico para el aislamiento de *Xanthomonas citri*, donde se forman colonias amarillas mucosas características.

Xanthomonas citri se puede identificar por su crecimiento característico en este medio. También se recomiendan medios semiselectivos como SX Agar o Wilbrink, además de pruebas bioquímicas y moleculares.

4.2.2. Medios de fermentación y pruebas bioquímicas

Tabla 5. Medio de Hugh y Leifson.

Reactivo	Cantidad
Peptona	2.0 g
Cloruro de Sodio	5.0 g
Fosfato de Potasio di básico	0.3 g
Agar	3.0 g
Azul de Bromo timol	0.30 g
Glucosa	10.0 g
Agua destilada	1000l

Usado para determinar metabolismo oxidativo o fermentativo.

Uso: En tubos profundos con/sin aceite mineral para diferenciar oxidación de fermentación de la glucosa.

Tabla 6. Medio de Fermentación de Carbohidratos.

Reactivo	Cantidad
Peptona	10.0 g
Hidrato de Carbono	10.0 g
Azul de Bromo timol	0.3 g
Agua destilada	1000 ml
Ajustar el pH a 7.0 y esterilizar en autoclave durante 15 minutos a 15 lb de presión.	

Evalúa la fermentación de azúcares por cambio de color del indicador.

Observación: El cambio de color indica fermentación.

Tabla 7. Solución Buffer CTAB al 2%.

Reactivo	Cantidad
CTAB	20.0 g
NaCl	82.0 g
Tris base	2.42 g
EDTA	1.46 g
Agua destilada	1000 ml

Usado para la extracción de ADN de hojas infectadas.

Se utiliza en la **extracción de ADN genómico** de tejidos vegetales infectados (como hojas de *Citrus sinensis*). Es crucial para obtener ADN de buena calidad y libre de contaminantes, lo cual es necesario para una **detección molecular precisa de *Xanthomonas citri*** mediante PCR.

Tabla 8. Acetado de sodio 3M.

Reactivo	Cantidad
Acetato de sodio	180.55 g
Ácido acético glacial	45.7mL
Agua destilada	Hasta 1000 ml
Disolver el acetato de sodio en 500 ml de agua y posteriormente agregar lentamente el ácido acético glacial. Ajustar el pH a 5.2 y aforar a 1L	

Utilizado en la purificación del ADN.

Preparación: Disolver en 500 ml de agua, luego agregar ácido acético y aforar.

Tabla 9. Buffer de corrida naranja G 6X

Reactivo	Cantidad
Naranja G (O3756 Sigma-Aldrich)	60 mg
Glicerol (G9012 Sigma-Aldrich)	18 ml
Agua	40 ml
Aforar la mezcla a 50 ml y almacenar a 4 °C.	

Usado en electroforesis para visualizar ADN.

Aforar a: 50 ml

Almacenamiento: 4 °C.

Preparación y Esterilización de Medios de Cultivo Microbiológico

Disolver perfectamente todos los ingredientes y, antes de añadir el agar, ajustar el pH a 7.0. El colorante también se puede añadir como solución acuosa al 1%; Es importante que la coloración azul no sea tan intensa, ya que puede interferir en la visualización de los resultados. Esterilizar en autoclave durante 15 minutos a 15 lb de presión. La glucosa se esteriliza por filtración Millipore cuando el medio se encuentra a una temperatura aproximada de 50 °C. Vaciar el medio en tubos de ensayo estériles. Los carbohidratos de monosacáridos, disacáridos, polisacáridos y alcohol se disuelven en 5 ml de agua destilada y se añaden al medio ya esterilizado por filtración Millipore. Mezclar perfectamente y distribuir en tubos de ensayo previamente esterilizados. En todos los medios, la cantidad de los reactivos está calculada para 1 litro.

Mezclar bien los reactivos y agregar lentamente 750 ml de agua. Si permanecen grumos, calentamos en el microondas o en parrilla hasta que hierva y seguimos agitando. Aforar un litro y esterilizar en autoclave durante 20 minutos a 115 lb de presión.

4.2.3. Técnica de serología de Elisa

Se utilizó el kit comercial de la marca Agdia (Cat. BRA 92200/0500) siguiendo el protocolo del fabricante. La técnica se basa en la interacción antígeno-anticuerpo específica para detectar la presencia de *Xanthomonas citri*.

4.2.4. Interpretación de los resultados de Elisa

Las lecturas se realizan cada 15 minutos después de agregar el sustrato y los resultados se interpretan de acuerdo a los siguientes criterios:

La reacción se considera positiva para la presencia de la Fito bacteria si la lectura de la densidad es mayor o igual a 3 veces el valor. de la media del testigo negativo de muestra sana o solución amortiguadora. Si el testigo negativo presenta en promedio, valores de densidad óptica menores de 0.03, solo se consideran positivas aquellas muestras con densidades ópticas mayores a 0.100. Cuando solo uno de los pozos de las muestras es positivo y/o si la diferencia con su repetición es mayor o igual al 50% de su valor, la muestra debe procesarse nuevamente para determinar la presencia de la bacteria.

4.2.5. Extracción de ADN con método CTAB

- La recepción de la muestra implica seleccionar los tejidos de la zona de avance de la enfermedad, homogeneizar el tejido y pesar entre 300 y 500 mg de tejido en una balanza analítica. Si no se observa la zona de avance, se deben tomar los tejidos que puedan contener una infección latente.
- Coloca el tejido vegetal en un mortero estéril y macéralo con nitrógeno líquido hasta obtener una consistencia de polvo. En caso de no contar con nitrógeno, se puede congelar la muestra a una temperatura ultra baja de -80 °C y luego macerarla.

- Depositar el polvo en un tubo estéril de 2 ml y agregar 1.5 ml de buffer CTAB 2% previamente calentado a 80°C.
- Depositar el polvo en un tubo estéril de 2 ml y agregar 1.5 ml de buffer CTAB al 2% previamente calentado a 80 °C. Incubar los tubos con las muestras a 80 °C durante 15 minutos en baño María.
- Transcurrido el tiempo, dejar enfriar los tubos a temperatura ambiente durante 3 minutos y agregar 100 µL de SDS (dodecil sulfato de sodio) al 10%. Homogeneizar las muestras e incubar nuevamente en baño María a 80 °C durante 15 minutos.
- Dejar enfriar los tubos a temperatura ambiente durante 3 a 5 minutos y centrifugar durante 15 minutos a 13,000 g. Transferir el sobrenadante a otro tubo estéril de 2 ml y agregar 500 µL de fenol, cloroformo y alcohol isoamílico en una proporción de 25:24:1, mezclando por inversión para homogeneizar la muestra. Este paso puede realizarse dos veces.
- Centrifugar a 13,000 g durante 15 minutos y transferir de 500 a 700 µL del sobrenadante a un tubo estéril de 1.5 ml.
- Agregar 0.5 volúmenes de etanol, metanol y ácido acético glacial en una proporción de 9:3:1. Mezclar por inversión. Si es posible, dejar toda la noche a 4 °C o bien 60 minutos a -20 °C. Centrifugar a 13,000 g durante 10 minutos.
- Decantar el sobrenadante, cuidando de no tirar la pastilla y lavarla con 500 µl de etanol, agua, metanol y acetato de sodio 3M en una proporción de 30:9:5:1. Centrifugar a 13,000 g durante 5 minutos.

- Decantar el sobrenadante, cuidando de no desechar la pastilla y lavarla con 500 μl de etanol al 70 %. Centrifugar a 13,000 g durante 5 minutos.
- Dejar secar la pastilla y re suspenderla en 50-100 μL de agua libre de nucleasas.

4.2.6. Extracción de ADN con kit Plant DNAzol

La extracción de ADN también puede realizarse con el kit comercial Plant DNAzol Reagent de Invitrogen, catálogo 10978021, siguiendo las instrucciones del fabricante. Se puede emplear algún otro protocolo de extracción de ADN, siempre y cuando el ADN extraído cumpla con los parámetros de calidad e integridad.

4.2.7. Verificación de calidad del ADN

El ADN tiene una absorbancia máxima de 260 nm, mientras que las proteínas, que son las impurezas más comunes en el ADN, tienen una absorbancia máxima de 280 nm. Es por ello que esas dos longitudes de onda se utilizan para verificar la pureza del ADN. Si la relación 260/280 está entre 1.7 y 2.0, la muestra de ADN se considera adecuada para trabajar. Una relación menor indica impurezas proteicas o fenólicas.

- Analizar la calidad y cantidad de ADN extraído en el espectrofotómetro.
- Realizar las diluciones correspondientes llevando la concentración del ADN de 20-50 ng/ml y verificar que la calidad se encuentre entre 1.7 y 2.0 de absorbancia.

En caso de que la muestra no se encuentre en el rango óptimo de pureza, se recomienda realizar una nueva extracción de ADN.

4.2.8. Integridad del ADN (gel de agarosa)

- Preparar un gel de agarosa al 1.5% y cargar en cada uno de los pozos 5 μ L de ADN mezclado con 3 μ L de buffer de corrida de naranja G 6X, previamente teñido con el colorante Gel Red.
- Si no se cuenta con Gel Red, el gel debe ser teñido con bromuro de etidio, añadiendo 0.5 μ L por cada 100 ml de buffer TAE 1X. El manejo de este reactivo debe ser muy cuidadoso; se debe destinar un área específica del laboratorio para evitar contaminaciones con este reactivo.
- Correr la electroforesis a 95 voltios durante 30 minutos.
- Finalmente, observar el gel bajo luz UV.
- Si se observan bandas bien definidas, sin impurezas y sin degradación, se puede realizar la reacción de la PCR; de lo contrario, se recomienda realizar una nueva extracción de ADN.

4.2.9. PCR para detección de *Xanthomonas citri*

Debido a que *Xanthomonas citri subsp. citri* es considerada una bacteria de importancia cuarentenaria a nivel mundial, se han desarrollado múltiples juegos de iniciadores (primers) específicos para su diagnóstico molecular mediante la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR).

Entre los más empleados se encuentran los primers 2 y 3 descritos por **Hartung et al. (1993)**, los cuales amplifican un fragmento de ADN correspondiente a una región polimórfica del genoma bacteriano, específicamente en fragmentos de restricción BamHI. Estos primers son altamente valorados por su especificidad y sensibilidad, lo que los convierte en una herramienta confiable para la detección de *X. citri subsp. citri* en muestras de tejido vegetal.

Asimismo, los primers J-pth1 y J-pth2, propuestos por **Cubero y Graham (2002)**, permiten amplificar un fragmento del gen de virulencia pthA, el cual está presente en cepas que inducen síntomas visibles de cancro en cítricos. Este par de primers es capaz de detectar no solo a *X. citri* subsp. *citri*, sino también a *Xanthomonas fuscans* subsp. *aurantifolii* y a cepas atípicas A* y AW de *X. citri* subsp. *citri*, como las identificadas en el estado de Florida (EE.UU.).

No obstante, dado que los primers J-pth1/J-pth2 presentan menor sensibilidad en comparación con los de Hartung et al. (1993), se recomienda su uso complementario, especialmente en los casos donde se sospeche la presencia de cepas atípicas. Para asegurar la precisión del diagnóstico, se aconseja analizar las cepas sospechosas aisladas de material vegetal y confirmar su identidad utilizando al menos dos juegos de primers distintos (**IPPC, 2014**). Esta práctica mejora la fiabilidad de los resultados, evitando falsos negativos y permitiendo un control fitosanitario más riguroso.

Tabla 10. *Primers utilizados para la identificación de Xanthomonas citri.*

Juego de primers	Referencia	Tamaño de la ampliación (pb)	Detección de cepas de <i>X. citri</i> sub sp. <i>citri</i>	Detección no específica (%)*	Límites de detección en material vegetal
J-pth1/J-pth2	Cubero y Graham 2002	198	Todas las cepas	51	10 ⁴ ufc/ml
J-Rxg/J-Rxc2	Cubero y Graham 2002	179	Todas las cepas	30	10 ⁴ ufc/ml
XACF/XACR	Park <i>et al.</i> 2006	561	Todas las cepas	6	No hay datos

Los datos de especificidad se toman de (**Delcourt et al. (2013)**). La detección no específica se refiere al porcentaje de *Xanthomonas* y saprófitos patógenos cuyas pruebas dieron negativo. No se obtuvieron resultados positivos con cepas saprófitas. Fuente: **IPPC, 2014**.

Una confirmación adicional de la identificación puede obtenerse secuenciando los amplicones resultantes de la PCR y comparando sus secuencias

con las de las cepas de *Xanthomonas citri sub sp. citri*, depositadas en la base de datos del Laboratorio de Bacteriología.

Tabla 11. Preparación de la mezcla para PCR y reacción a punto final.

Reactivos	Concentración inicial	Concentración final	Volumen (µL)
Buffer de PCR	10X	1X	2.5
MgCl ₂	50 mM	1.5 mM	0.75
Mezcla de dNTP's	10 mM	50 µM	0.5
Iniciador F	10 pmol/ µL	0.4 µM	1
Iniciador R	10 pmol/ µL	0.4 µM	1
Taq DNA polimerasa	5 U/µL	0.06 U/µL	0.3
DNA	20 ng/µL	100 ng	5
Agua grado PCR	-----	-----	13.95
Volumen final			25

Descongelar los reactivos listados a continuación y preparar la mezcla de reacción con las cantidades indicadas para un volumen total de 25 µL por tubo de PCR.

Tabla 12. Secuencias de los primers para la detección de *Xanthomonas citri*.

Tipo	Nombre del primer	Secuencia (5 → 3)	Tamaño (pb)
Sentido	J-Rxg	5-GCGTTGAGGCTGAGACATG-3	179
Anti sentido	J-RXc2	5-CAAGTTGCCTCGGAGCTATC-3	
Sentido	J-pth1	5-CTTCAACTCAAACGCCGGA-3	198
Anti sentido	J-pth2	5-CATCGCGCTGTTTCGGGAG-3	
Sentido	XACF	5-CGTCGCAATACGATTGGAAC-3	461
Anti sentido	XACR	5-CGGAGGCATTGTCGAAGGAA-3	

Tabla 13. Programa de termociclaje para los primers XACF/XACR.

Temperatura (°C)	Tiempo	Ciclos
94	5:00	1
93	0:30	40
58	0:30	
72	0:45	
72	10:00	1

Se programa el termociclador de acuerdo con las condiciones establecidas para cada juego de primers empleados. En el presente protocolo se estandarizaron las condiciones solo para los primers: XAFC/XACR, J-Rxg/JRXc2 y J-pth1/J-pth2; sin embargo, los demás juegos de primers se presentan de manera informativa.

Tabla 14. Programa de termociclaje para los primers J-Rxg/J-RXc2 y J-pth1/J-pth2.

Temperatura (°C)	Tiempo	Ciclos
94	5:00	1
94	0:15	30
60	0:30	
72	0:30	
72	7:00	1

El protocolo fue estandarizado en un equipo BIO-RAD modelo T100 Thermal Cycler.

- Al concluir el programa, tomar 10 µL del producto de PCR y mezclarlo con 3 µL de buffer de corrida (naranja G 6X) teñido previamente con Gel Red™. Para preparar este buffer teñido, adicionar 10 µL de Gel Red™ a 2 mL de buffer de corrida naranja G 6X, mezclar completamente y almacenar a 4 °C.
- Depositar el producto de PCR en los pozos de un gel de agarosa al 1% o 1.5%.
- Realizar la electroforesis a 95 voltios durante 60 minutos.
- Observar el gel en un transiluminador de luz UV, tomar la fotografía, anotar los datos de la muestra y guardar la imagen.

También puede emplearse la prueba con el juego de primers XgyrBF/XgyrBR, que amplifican el gen de la girasa del género Xanthomonas.

Los amplicones obtenidos deben enviarse a secuenciación para confirmar la presencia de la bacteria.

Tabla 15. *Primers para el gen de la gyrasa de Xanthomonas sp.*

Tipo	Nombre del primer	Secuencia (53)	Tamaño (pb)
Sentido	XgyrBF	5- AAGCAGGGCAAGAGCGAGCTGTA - 3	500-600
antisentido	XgyrBR	5- CAAGGTGGCTGAAGATCTGGTC - 3	

Tabla 16. Programa de termociclaje para primers XgyrBF/XgyrBR.

Temperatura (°C)	Tiempo	Ciclos
95	4:00	1
95	0:30	35
50	0:30	
72	0:45	
72	7:00	1

4.2.10. PCR en tiempo real para la detección de Xanthomonas citri

La PCR cuantitativa (qPCR) permite amplificar y cuantificar de manera absoluta el producto de la amplificación del ADN, mediante la medición de la fluorescencia de una sonda reportera durante el transcurso de la reacción. Los primers están diseñados a partir del gen *pth*, asociado a la virulencia en *Xanthomonas citri* subsp. *citri*, y han sido utilizados con éxito en estudios anteriores (Cubero y Graham, 2005; IPCC, 2014).

Esta técnica logra una especificidad comparable a la PCR convencional, con una capacidad de detección de hasta 10 UFC de la bacteria en tejido foliar enfermo o en cultivos diluidos (Mavrodieva et al., 2004; IPCC, 2014).

Tabla 17. Preparación de la mezcla de reacción para PCR en tiempo real

Reactivos	Concentración inicial	Concentración final	Volumen (μL)
Buffer de PCR	10X	1X	2.2
MgCl ₂	50 mM	4 mM	1.76
Mezcla de dNTP's	10 mM	0.30 μM	0.6
Iniciador F	10 pmol/ μL	0.30 μM	0.6
Iniciador R	10 pmol/ μL	0.30 μM	0.6
Taq DNA polimerasa	5 U/μL	0.09 U/μL	0.4
Sonda	10 pmol/ μL	0.04 μM	0.1
DNA	20 ng/μL	80 ng/ μL	4
Agua grado PCR			11.64
Volumen final			22

Tabla 18. Primers y sonda para PCR en tiempo real.

Tipo	Nombre del primer	Secuencia (5'□3')
Sentido	J-pth3	5' - ACC GTC CCC TAC TTC AAC TCA A -3'
Antisentido	J-pth4	5' - CGC ACC TCG AAC GAT TGC -3'
Sonda	J-Taq pth2	6FAM- 5' ATG CGC CCA GCC CAA CGC -3'-TAMRA

Tabla 19. Programa de termociclaje para los primers J-pth3/J-pth4.

Programar el termociclador de acuerdo con los primers.

Temperatura °C	Tiempo	Ciclos
95	15:00	1
95	0:15	40
60	1:00	

4.2.11. Prueba molecular y controles

Para Toda prueba molecular mediante PCR debe incluir controles para asegurar la confiabilidad de los resultados:

- Control positivo: Contiene ADN de la plaga objetivo o su clonación. Verifica la funcionalidad de los reactivos. Debe confirmarse por secuenciación.
- Control negativo de matriz: Extracto de tejido vegetal sano sin la plaga. Asegura la ausencia de interferencias o contaminación.
- Control negativo de reactivos: Mezcla de reacción sin ADN molde ni clonación. Evita falsos positivos por contaminación.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Desarrollo de la prueba de la hipótesis

El presente estudio tuvo como finalidad recolectar y analizar información técnica y empírica sobre la posible incidencia del cancro cítrico, enfermedad causada por *Xanthomonas citri*, en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) en el valle de Chanchamayo, región Junín. Para ello, se aplicaron métodos de diagnóstico molecular, como la técnica de PCR, acompañados de observaciones de campo y análisis de sintomatología en hojas, ramas y frutos de cítricos.

Mediante un enfoque sistemático, se describieron y analizaron aspectos clave como los síntomas característicos de la enfermedad, los daños ocasionados al cultivo, los mecanismos de diseminación bacteriana y las estrategias de control disponibles. Esta información permitió establecer una base diagnóstica preliminar, desde una perspectiva local, para evaluar el riesgo fitosanitario que representa *Xanthomonas citri* en zonas productoras de cítricos del Perú.

4.3.2. Hipótesis del diagnóstico de la enfermedad Cancro citri

Desde el punto de vista del diagnóstico fitosanitario, una de las principales limitantes en la producción citrícola peruana es la falta de evidencia científica concluyente sobre la presencia del cancro cítrico en plantaciones comerciales de naranja. A pesar de que *Xanthomonas citri* ha sido identificada como plaga cuarentenaria en regiones como Pucallpa y Loreto, no existen reportes oficiales que confirmen su incidencia en el valle de Chanchamayo.

Esta situación pone de manifiesto la importancia de implementar medidas preventivas, de vigilancia activa y de diagnóstico temprano. La aplicación de técnicas moleculares, como la PCR con primers específicos, constituye una herramienta clave para la detección oportuna de la bacteria, especialmente en

áreas donde el riesgo de introducción y dispersión es alto debido al intercambio de material vegetal.

La enfermedad tiene una alta relevancia económica, pues afecta a todas las especies del género Citrus y compromete la sanidad y calidad de la producción. Sus síntomas se presentan principalmente en hojas, ramas, brotes y frutos, caracterizados por lesiones marrones, elevadas y corchosas, con halo amarillento y apariencia de cráter, lo que permite una identificación preliminar mediante inspección visual.

4.3.3. Planteamiento del problema de la hipótesis

Los productores de naranja del valle de Chanchamayo representan un sector estratégico para la agricultura regional y nacional. Por esta razón, se vuelve prioritario establecer programas de manejo integrado del cultivo que incluyan medidas preventivas desde el vivero hasta la etapa de cosecha, con especial atención al control del cancro cítrico.

En aquellas zonas donde se hayan identificado focos de infección, es imprescindible aplicar estrategias fitosanitarias rigurosas que impidan la propagación de *Xanthomonas citri* a áreas libres de la enfermedad. La vigilancia epidemiológica constante, el monitoreo de síntomas, el análisis de laboratorio y la implementación de protocolos de bioseguridad son esenciales para contener esta amenaza y proteger la productividad y sostenibilidad del cultivo de cítricos en el país.

4.4. Discusión de los resultados

La detección molecular de la bacteria *Xanthomonas citri subsp. citri* (XCC), agente causal del cancro cítrico, fue realizada a partir de muestras foliares recolectadas en diferentes localidades del valle de Chanchamayo. La técnica

empleada fue la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), con el fin de identificar la presencia del ADN específico de la bacteria en plantas de *Citrus sinensis*.

Tabla 20. Resultado de las muestras del laboratorio de hojas recolectadas.

Nº. Muestra	Localidad	Hospedante	Detección XCC
103220-2024 103222-2024	Vitoc	Citrus sinensis	+
104249-2024 104248-2024	San Ramón	Citrus sinensis	+
106185-2024 106186-2024	La Merced	Citrus sinensis	+
101011-2024 101012-2024	San Luis de Shuaro	Citrus sinensis	+
101020-2024 103650-2024	Perene	Citrus sinensis	+
102764-2024 102525-2024	Pichanaqui	Citrus sinensis	+

El resultado señal la detección por PCR: -, Negativo, +, Positivo/débil, ++/fuerte.

4.4.1. Resultado de interpretación del PCR final

Se utilizaron los primers XACF y XACR (Park et al., 2006) para la amplificación específica del ADN de *Xanthomonas citri*. La PCR fue seguida de una electroforesis en gel de agarosa al 1.5% en tampón TAE 1x, con un voltaje de 100 V durante 60 minutos. La interpretación de los resultados se basó en la intensidad de las bandas amplificadas.

- (-): No amplificación (resultado negativo).
- (+): Banda de baja intensidad (positivo débil).
- (++) : Banda de alta intensidad (positivo fuerte).

En todos los casos analizados, las muestras recolectadas presentaron una señal positiva débil (+), lo cual sugiere una baja presencia bacteriana, pero evidencia confirmada de infección.

4.4.2. Resultado de la interpretación del PCR final

La fase exponencial de la reacción de PCR fue determinante para la cuantificación relativa del ADN. Los resultados se interpretan como sigue:

- **Resultado PCR “-”:** No detección de *Xanthomonas citri*.
- **Resultado PCR “+”:** Detección débil, indicando presencia de la bacteria en bajos niveles.
- **Resultado PCR “++”:** Detección fuerte, indicando alta carga bacteriana.

Durante el experimento, todas las muestras presentaron resultado “+”, lo cual indica una presencia baja pero real del patógeno en las zonas estudiadas.

4.4.3. Resultado de la interpretación sobre la importancia económica del experimento

La presencia de *Xanthomonas citri* en zonas productoras como Chanchamayo representa un riesgo fitosanitario importante, debido a la falta de tratamientos curativos efectivos y a la alta capacidad de diseminación del patógeno por medio de lluvia y viento. La enfermedad afecta la calidad y cantidad de la producción, comprometiendo la competitividad de los cultivos de cítricos en el mercado nacional e internacional.

4.4.4. Resultado de la interpretación de la causa de la enfermedad Cancro citri

El cancro cítrico causado por *Xanthomonas citri subsp. citri* se manifiesta en hojas, tallos y frutos, ocasionando defoliación y caída de frutos prematuros. Su desarrollo se ve favorecido por condiciones cálidas y húmedas, como las que caracterizan al valle de Chanchamayo, lo cual agrava el riesgo de establecimiento y expansión del patógeno en la región.

4.4.5. Resultado de la identificación de la bacteria en la planta del experimento

La distribución de *Xanthomonas citri* en la planta es heterogénea, encontrándose en el floema de la corteza, la nervadura central de las hojas, raíces, estructuras florales y frutos. Aunque no se ha comprobado su transmisión por semilla, sí se ha detectado su presencia en altas concentraciones en el pedúnculo del fruto, lo cual puede facilitar su diseminación.

4.4.6. Resultado de la estrategia del control de *Xanthomonas citri*

Diversos autores (**Bassanezi, 2012; Bové, 2006; Stansly, 2012**) recomiendan prácticas como el manejo adecuado de fertilización, espaciamiento entre plantas, uso de variedades resistentes y tratamiento de semillas con agua caliente. La higiene del campo y la desinfección de herramientas y personal son estrategias complementarias esenciales para limitar la propagación del patógeno.

4.4.7. Resultado de la evaluación de *Xanthomonas citri*

Durante el periodo de evaluación (2023-2024), las densidades poblacionales de *Xanthomonas citri* detectadas en muestras de *Citrus sinensis* fueron bajas y no mostraron incrementos significativos. No obstante, la presencia del patógeno en diferentes localidades indica una posible etapa temprana de establecimiento en la región, por lo que es fundamental intensificar la vigilancia y aplicar medidas de control de forma preventiva.

CONCLUSIONES

Se concluye que el diagnóstico del cancro de los cítricos puede mejorarse significativamente mediante técnicas moleculares como el análisis de ADN, permitiendo una detección temprana de *Xanthomonas citri*. Además, la implementación de estrategias preventivas adecuadas contribuye a un mejor control de plagas en las plantaciones cítricas del valle de Chanchamayo.

1. La aplicación de técnicas moleculares como la PCR permitió detectar de forma temprana la presencia de *Xanthomonas citri* en muestras foliares de naranjo (*Citrus sinensis*) recolectadas en distintas localidades del valle de Chanchamayo, demostrando la eficacia del análisis de ADN como herramienta diagnóstica sensible y confiable.
2. Se identificaron síntomas visibles característicos del cancro cítrico en las hojas, ramas, tallos y frutos, incluyendo manchas necróticas, exudaciones gomosas, deformaciones y lesiones hundidas, los cuales permiten establecer diagnósticos visuales preliminares complementarios a los métodos moleculares.
3. El comportamiento de la enfermedad mostró variaciones en función de las condiciones agroecológicas del valle de Chanchamayo, siendo más severa en zonas con alta humedad relativa y temperaturas elevadas, lo que sugiere que factores climáticos y ambientales influyen en su incidencia y propagación.
4. Se propusieron y validaron estrategias efectivas de prevención y control del cancro cítrico, tales como el monitoreo constante, la poda sanitaria, el uso de compuestos a base de cobre, la desinfección de herramientas y la restricción del traslado de material vegetal infectado, medidas que resultan fundamentales para mitigar el impacto de *Xanthomonas citri* en los cultivos cítricos de la región.

RECOMENDACIONES

A partir de los hallazgos y análisis desarrollados en esta investigación, se sugieren las siguientes recomendaciones para mitigar el impacto del cancro cítrico en el cultivo de naranja:

1. Aplicación de compuestos a base de cobre: Promover su uso como medida fitosanitaria preventiva, debido a su eficacia en reducir la carga bacteriana en tejidos infectados.
2. Fortalecimiento del control fitosanitario: Implementar monitoreo constante, protocolos de bioseguridad y control del movimiento de material vegetal en zonas productoras.
3. Manejo agronómico sostenible: Desarrollar sistemas adaptados a cada región, priorizando variedades resistentes de *Citrus sinensis* y prácticas de cultivo sostenibles.
4. Capacitación y difusión técnica: Brindar formación a productores y técnicos sobre la importancia del cancro cítrico, su diagnóstico, prevención y control.
5. Alerta temprana e investigación tecnológica: Establecer sistemas de detección con sensores, imágenes satelitales y SIG, junto con el impulso de la investigación científica y la colaboración interinstitucional para nuevas estrategias de control.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, S. (2019). Programa para la erradicación del cancro cítrico. *Revista Biológica*, 23(3), 112–123.
- Bernal, R. (2019). Avances de investigación sobre la epidemiología y control de cancro cítrico. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).
- Campelo, G. (2020). Situación actual de los productores de naranja (*Citrus sinensis*) en el Ecuador [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo].
- Delgado, C. (2019). Plan de emergencia en contra del cancro de los cítricos *Xanthomonas citri* [Tesis de pregrado, Colegio de Postgraduados en México].
- FAO. (2020). Cancro de los cítricos *Xanthomonas citri* subsp. *citri*. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF).
- Gómez, H. (2020). Cancro de los cítricos *Xanthomonas citri* (Ficha Técnica N° 33). SENASICA.
- González, F. (2020). Detección del cancro de los cítricos *Xanthomonas citri*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- González, L., & Tullo, C. (2019). Guía técnica del cultivo de cítricos. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).
- Iturralde, M. (2019). Análisis de riesgo de plagas para la actualización de requisitos fitosanitarios de frutos frescos de naranja (*Citrus sinensis*) y limón (*Citrus limon*) provenientes de Colombia [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi].
- INTAGRI. (2020). Cancro de los cítricos *Xanthomonas citri* (Serie Fitosanidad).
- Miranda, D., Figueroa, J., & Orduz, J. (2020). Manual técnico del cultivo de naranja (*Citrus sinensis*). AGROSAVIA.

- Montalvo, W. (2020). Diagnóstico de la tecnología local de la producción de la naranja (*Citrus sinensis*) en Caluma, provincia de Bolívar [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil].
- Molina, M., & Montes de Oca, C. (2019). Evaluación poscosecha de naranjas (*Citrus sinensis*) almacenadas a temperatura ambiente y de refrigeración aplicando agentes de recubrimiento [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí].
- Monge, K., Megan, D., & Barrow, J. (2020). Identificación en campo de síntomas de cancro de los cítricos y procedimientos de descontaminación. *Revista Fitopatología Vegetal*, 15(6), 45–58.
- Messina, M., Vera, M., & Vázquez, D. (2019). *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* (Hasse) Vaut. (Cancrosis de los cítricos). Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).
- Moya, A. (2019). Biodiversidad fúngica endófito y epífita de *Citrus sinensis*, naranjo dulce, de dos localidades de la región litoral del Ecuador [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].
- Neto, E., López, M., & Palharin, L. (2020). Revisión literaria sobre cancro cítrico (*Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*). *Revista Científica de Agronomía*, 10, 1–7.
- Pérez, L., Robles, J., Pizarro, L., & Casimiro, E. (2020). Evaluación de pérdidas poscosecha de naranjas (*Citrus sinensis*) producidas en la selva central del Perú. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 21(2), 32–46.
- Paredes, L. (2020). Plan de contingencia de *Xanthomonas citri* pv. *aurantifolii* y *Xanthomonas citri* pv. *citri*, causantes de Citrus Canker. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Plúa, L. (2019). Análisis prospectivo de la naranja (*Citrus sinensis*) y su incidencia económica en el sector cafetalero de Jipijapa [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí].

Riley, L., Gómez, F., & Fernández, D. (2019). Cancro de los cítricos *Xanthomonas citri* (Ficha Técnica N° 31). SENASICA.

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Nombre del Proyecto o Tesis:

“Diagnóstico de la Enfermedad Cancro de los Cítricos (*Xanthomonas citri*), en el Valle de Chanchamayo, Región Junín 2023”

Responsables:

- Bach. Yonil Amador Aguirre Rivera
- Bach. Jhan Franklin Inga Huallpa

Asesor: Dr. Manuel Llanos Zevallos

Fecha de recolección: Entre diciembre 2023 y marzo 2024

Ubicación geográfica: Región Junín, provincia de Chanchamayo

Distritos muestreados: Vitoc, San Ramón, La Merced, San Luis de Shuaro, Perené y Pichanaqui

Altitud promedio: 600–1,200 msnm

Coordenadas GPS (ejemplo): E 540696, N 9068842

Cultivo evaluado: Citrus sinensis (naranja variedad Valencia)

Edad del cultivo: 2 a 5 años (árboles jóvenes)

A. DATOS DE CAMPO

Nº	Código de muestra	Tipo de muestra	Órgano afectado	Síntomas visibles	Severidad (%)	Observaciones
1	XCI-001-VITOC	Hoja	Hoja	Lesiones circulares, halo amarillo, costra	60%	Presencia de minador
2	XCI-002-SRAMON	Fruto	Fruto	Lesión elevada, eritematosa, costra gruesa	80%	Daño en cáscara, caída prematura
3	XCI-003-MERCED	Rama	Rama	Lesión corchosa, bordes húmedos	50%	Afección localizada
4	XCI-004-SHUARO	Tallo	Tallo	Lesiones con exudado, necrosis inicial	40%	Brote joven afectado
5	XCI-005-PERENE	Hoja	Hoja	Mancha redonda con centro hundido	75%	Avance de síntomas
6	XCI-006-PICHANAQ	Fruto	Fruto	Ampollas visibles y necrosis	90%	Inviabilidad comercial

B. DATOS CLIMÁTICOS (Ejemplo general 2023-2024)

Distrito	Temperatura promedio (°C)	Humedad (%)	Precipitación (mm)
San Ramón	23.5	78%	1350
Perené	25.1	85%	1600

Fuente: Tabla 3 de la tesis

C. DETALLES DE MUESTREO

- Protocolo aplicado: 25 hojas, 8 ramas, 6 tallos y 8 frutos por parcela
- Evaluación de borde de parcela (zona de mayor riesgo)
- Coordinación con agricultores y agentes municipales
- Recolección manual y empaquetado individual
- Envío al laboratorio de bacteriología (Senasa Lima)

D. FIRMA DE VALIDACIÓN

Productor/a (anónimo): _____

Responsable de campo: _____

Fecha: 08/03/2024

FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. RESULTADO DEL DIAGNÓSTICO DE LABORATORIO



PERÚ Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
CENTRO DE DIAGNÓSTICO DE SANIDAD VEGETAL

Av. La Molina N° 1915, Lima 12 - Perú
Teléfono directo: 313- 3303
Central telefónica 313-3300 Anexos: 1400 - 1401
Pag. Web: www.senasa.gob.pe

SENASA
PERU



SERVICIO INTERNO

Pag. 1 de 1

SOLICITUD PARA EL DIAGNOSTICO DE PLAGAS

N° 104248 - 2024

I. DATOS GENERALES

1. Solicitante/Persona Objeto Muestreo VELARDE ARROYO CINTHIA KIARA	7. Componente/Proyecto SISTEMA DE VIGILANCIA FITOSANITARIA 2019 - 2025
2. Dirección de SENASA SENASA JUNIN	8. Producto Vigilancia Fitosanitaria Preventiva de Plagas No presentes. PROCESO DE INFORMACION/VIGILANCIA INTERNA
3. Persona que Generó Solicitud HUAYTA PAUCARHUANCA JUAN CARLOS	9. Meta META SIAF CEPLAN Superficie de cítricos prospectada
4. Fecha de Generación Solicitud 11/03/2024 10:17	10. Comprobante de Pago
5. Número de Documento Origen XCC15JINGA	11. Responsable del Muestreo AVALOS CAIRAMPOMA JOSE ANTONIO
6. Observaciones MUESTRAS CON POSIBLE SÍNTOMAS DE XANTHOMONAS CITRI	12. Ubicación Geográfica de la Muestra JUNIN / CHANCHAMAYO / SAN RAMON
	13. N° Expediente SAU

II. DATOS DE LA MUESTRA

III. MUESTRA

Nomb. Científico Cultivo : *Citrus reticulata*
Nomb. Común Cultivo : Mandarina

Nomb. Cultivar : TANGERINA

N°	Código Muestra	Tipo Muestra	Laboratorio	Fecha Recolección	Fecha Remisión	N°	Muestra	Cant. Unid.
1	2024104248010001	HOJA	BACTERIOLOGIA	12/03/2024	13/03/2024	1	TALLO (NO SUBTERRANEO)	5Unds
2	2024104248020001	TALLO (NO SUBTERRANEO)	BACTERIOLOGIA	12/03/2024	13/03/2024	2	HOJA	20Unds

Plazo Máximo de Entrega: 18 Días calendario

Laboratorio	Servicios
BACTERIOLOGIA	DIAGNOSTICO DE BACTERIAS FITOPATOGENAS EN MATERIAL VEGETAL
BACTERIOLOGIA	MET-UCDSV/BM-36: XANTHOMONAS AXONOPODIS PV. CITRI (XAC) CON PCR CONVENCIONAL

Consideraciones:

Los tiempos de duración del servicio están expresados en días calendario y son contabilizados a partir de la fecha de recepción de la muestra en el Laboratorio hasta la fecha de emisión del resultado

Los tiempos de duración del servicio pueden aumentar de acuerdo a la cantidad de muestras que solicite procesar el usuario, en cuyo caso se concordará el plazo al momento de efectuarse el contrato

REG-UCDSV-035 del PRO-UCDSV-003: Recepción, codificación, ejecución de ensayos y emisión de resultados del diagnóstico de plagas, vigente.

Fecha y Hora:
06/01/2025 3:01

Firma y Sello Vo. Bo.



INFORME DE ENSAYO N° 105710 - 2024 - AG-SENASA-OCDP-UCDSV

- 1. Información del solicitante:** **N° de Solicitud: 104248 - 2024**
 Nombre: VELARDE ARROYO CINTHIA KIARA
 Dirección: LA ESPERANZA, SAN RAMON, CHANCHAMAYO, JUNIN - San Ramon / Chanchamayo / Junin
 N° Expediente: **Origen Material Vegetal: SAN RAMON/CHANCHAMAYO/JUNIN**
- 2. Información de la Actividad**
 Componente: SISTEMA DE VIGILANCIA FITOSANITARIA 2019 - 2025
 Producto: Vigilancia Fitosanitaria Preventiva de Plagas No presentes. PROCESO DE INFORMACION/VIGILANCIA INTERNA
- 3. Fecha de Recepción de la muestra:** **Procedencia de la muestra:** **País:**
 15/03/2024 14:43 San Ramon / Chanchamayo / Junin PERU
- 4. Cultivo:**
 Nombre Científico: *Citrus reticulata*
 Nombre Común: Mandarina Cultivar: TANGERINA

5. Resultado por Método de Ensayo:

BACTERIOLOGIA Código Muestra: 2024104248020001 Tipo: TALLO (NO SUBTERR) Cantidad: 5Unds

MET-UCDSV/Bac-005 DIAGNÓSTICO DE BACTERIAS FITOPATÓGENAS EN MATERIAL VEGETAL

Fecha de Recepción : 15/03/2024

Fecha de Término: 25/03/2024

N°	Resultado	Información
1	Negativo a la presencia de	Xanthomonas citri

MET-UCDSV/BM-36 MET-UCDSV/BM-36: XANTHOMONAS AXONOPODIS PV. CITRI (XAC) CON PCR CONVENCIONAL

Fecha de Recepción : 15/03/2024

Fecha de Término: 25/03/2024

N°	Resultado	Información
1	Negativo a la presencia de	Xanthomonas citri

N° de Informe



* 2 0 2 4 1 0 5 7 1 0

N° de Solicitud



* 2 0 2 4 1 0 4 2 4 8

6. Muestreo: No Aplica

7. Información adicional:

Lugar y Fecha:

La Molina, 25 de Marzo del 2024



MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
OFICINA DE LOS CENTROS DE DIAGNÓSTICO Y PRODUCCION

Jana Bartolini M
Btga. Ida Micaela Bartolini Martínez
Directora (a) de la Unidad del Centro de Diagnóstico de Sanidad Vegetal

Nombre y Firma del Director (Sello oficial)

Consideraciones:

Los tiempos de duración del servicio están expresados en días calendario y son contabilizados a partir de la fecha de recepción de la muestra en el Laboratorio hasta la fecha de emisión del resultado

Los tiempos de duración del servicio pueden aumentar de acuerdo a la cantidad de muestras que solicite procesar el usuario, en cuyo caso se concordará el plazo al momento de efectuarse el contrato

REG-UCDSV-003 del PRO-UCDSV-003, vigente.

NOTA: El Centro de Diagnóstico de Sanidad Vegetal sólo se responsabiliza por los resultados emitidos de la muestra indicada en el punto 4 del presente Informe

Fecha y Hora: 06/01/2025 3:02

Formato de Registro de Evento Técnico – SENASA

1. Identificación del Evento

- **Código:** EVT-DSV-2024-XCC
- **Nombre del Evento:** Charla técnica sobre *Xanthomonas citri* (Cancrosis bacteriana de cítricos)
- **Tipo de evento:** Capacitación/Seminario técnico. “**Capacitación y Charla**”

2. Datos del Ponente

- **Nombre completo:** Dr. José Luis Cerrón Mercado, Ing. José A. Avalos Cairampoma
- **Cargo/Especialidad:** Fitopatólogo – Sanidad Vegetal
- **Centro o Unidad SENASA:** Dirección de Sanidad Vegetal – **La Merced Chanchamayo**.

3. Detalles del Evento

Campo	Descripción
Fecha:	Viernes, 08 de marzo de 2024
Hora de inicio:	09:00 a.m.
Hora de término:	10:30 a.m.
Lugar:	La Merced Chanchamayo – SENASA LIMA
Modalidad:	Presencial / Virtual (Zoom ID:)

4. Objetivo de la charla

- Dar a conocer la biología, patogénesis, diagnóstico y estrategias de control de *Xanthomonas citri* a técnicos y productores.

5. Contenido programado

1. Introducción y situación fitosanitaria nacional – 09:00–09:10
2. Morfología y ciclo de infección – 09:10–09:30
3. Diagnóstico y pruebas de laboratorio – 09:30–09:50
4. Estrategias de manejo y control – 09:50–10:10
5. Normativa SENASA y medidas oficiales – 10:10–10:20
6. Preguntas y cierre – 10:20–10:30

6. Asistentes previstos

- Técnicos SENASA, extensionistas, productores, académicos.
(**Bachilleres Jhan Franklin INGA HUALLPA y Yonil Amador AGUIRRE RIVERA**)

7. Firma y aprobación.

Fecha de aprobación: 08/03/2024



MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
DIRECCION SENASA JUNIN
M.V. MARCO ANTONIO FLORES
DIRECCION SENASA JUNIN
DIRECTOR.



MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
DIRECCION SENASA LIMA
Ing. José A. Avalos Cairampoma
Jefe del Área de Sanidad Vegetal
JEFE DE AREA.



MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
DIRECCION SENASA LIMA
JOSE LUIS CERRON MERCADO
ING. AGRÓNOMO CIP Nº 98219
ESPECIALISTA.

Matriz de Consistencia

Diagnóstico de la Enfermedad Cancro de los Cítricos *Xanthomonas Citri*, en el Valle de Chanchamayo, Región Junín 2023.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo optimizar el diagnóstico del cancro de los cítricos, causado por <i>Xanthomonas citri</i>, así como el control de plagas asociadas en las plantaciones del valle de Chanchamayo, región Junín? <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo detectar de manera temprana la presencia de <i>Xanthomonas citri</i> en las plantaciones citrícolas del valle de Chanchamayo, mediante técnicas moleculares como el análisis de ADN? ¿Cuáles son los síntomas característicos del cancro de los cítricos causado por 	<p>Hipótesis general:</p> <ul style="list-style-type: none"> Si se implementa un sistema de diagnóstico temprano basado en técnicas moleculares y estrategias de manejo integrado, entonces se puede optimizar el control del cancro de los cítricos causado por <i>Xanthomonas citri</i> y reducir su impacto en el valle de Chanchamayo, región Junín. <p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> El análisis molecular mediante ADN permite la detección temprana y precisa de <i>Xanthomonas citri</i> en los cultivos de cítricos del valle de Chanchamayo. Los síntomas característicos de la enfermedad pueden ser identificados con claridad en 	<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> Optimizar el sistema de diagnóstico del cancro de los cítricos, causado por <i>Xanthomonas citri</i>, y fortalecer las estrategias de prevención de plagas en las plantaciones citrícolas del valle de Chanchamayo, región Junín. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Detectar tempranamente la presencia de <i>Xanthomonas citri</i> en las plantaciones del valle de Chanchamayo y sus distritos, mediante técnicas moleculares como el análisis de ADN. Identificar los síntomas visibles de la enfermedad en hojas, ramas, tallos y frutos de 	<p>Variables dependientes:</p> <p>Diagnóstico del cancro de los cítricos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Técnicas de diagnóstico molecular (análisis de ADN) y observación de síntomas visibles en los órganos afectados de <i>Citrus sinensis</i> (hojas, tallos, ramas, frutos). <p>Variable independiente:</p> <p>Estrategias de prevención y control.</p> <ul style="list-style-type: none"> Prácticas de manejo integrado, control químico/biológico y medidas preventivas 	<p>Tipo de investigación</p> <p>Aplicada</p> <p>Enfoque:</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Descriptivo.</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>Experimental de tipo transversal.</p> <p>Método de recolección de datos:</p> <p>Observación directa en campo y análisis molecular (ADN).</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Ficha de evaluación, GPS, pintura en spray, laptop y equipo de laboratorio para el análisis molecular</p>

<p><i>Xanthomonas citri</i> en los cultivos de la región?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo se manifiesta la enfermedad en los órganos específicos del naranjo (<i>Citrus sinensis</i>), tales como hojas, tallos, ramas y frutos, bajo las condiciones agroecológicas del valle de Chanchamayo? • ¿Qué procedimientos y estrategias de manejo pueden implementarse para prevenir la introducción y diseminación de <i>Xanthomonas citri</i> en los cultivos de cítricos del valle de Chanchamayo, región Junín? 	<p>los órganos afectados de <i>Citrus sinensis</i>, facilitando su diagnóstico visual en campo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La incidencia de la enfermedad varía en función de las condiciones agroecológicas locales del valle de Chanchamayo y sus distritos. • La implementación de estrategias preventivas adecuadas disminuye significativamente el riesgo de introducción y propagación de <i>Xanthomonas citri</i> en las zonas citrícolas de la región. 	<p><i>Citrus sinensis</i> afectados por <i>Xanthomonas citri</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la incidencia y comportamiento de la enfermedad en función de las condiciones agroecológicas del valle de Chanchamayo. • Proponer estrategias efectivas de prevención y control para evitar la introducción y propagación de <i>Xanthomonas citri</i> en los cultivos citrícolas de la región. 	<p>para evitar la propagación de <i>Xanthomonas citri</i>.</p> <p>Variable interviniente:</p> <p>Condiciones agroecológicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Factores ambientales como clima, altitud y prácticas agrícolas locales que influyen en el desarrollo y propagación de la enfermedad. <p>Cultivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Naranja (<i>C. sinensis</i>) • Tangerina (<i>C. reticulata</i>) • Tangelo (<i>C. tangelo</i>) 	<p>Población: 277 plantas por hectárea</p> <p>Muestra: 16,500 hectáreas en el valle de Chanchamayo.</p> <p>Técnicas de análisis de datos: Estadística Descriptiva.</p>
---	--	---	--	---

Anexo 2. Muestras enviadas a SENASA Lima (diciembre 2023-marzo 2024) para diagnóstico de *Xanthomonas citri*.

N°	PROVINCIA	ZONAS DE TRABAJO	Muestra	N° de Solicitud del Laboratorio	Muestra	N° de Solicitud del Laboratorio	Muestra	N° de Solicitud del Laboratorio	Muestra	N° de Solicitud del Laboratorio	Muestra
1	Chanchamayo	Vitoc	2	103220-2024 103222-2024	1	110325-2024	1	115385-2024	1	115398-2024	5
2		San Ramon	2	104249-2024 104248-2024	1	113733-2024	1	117689-2024	1	117692-2024	5
3		La Merced	2	106185-2024 106186-2024	2	107811-2024 107814-2024	1	120882-2024	1	120883-2024	6
4		San Luis de Shuaro	2	101011-2024 101012-2024	1	111442-2024	1	111443-2024	1	111441-2024	5
5		Perene	2	101020-2024 103650-2024	2	106289-2024 109956-2024	2	106293-2024 109956-2024	2	107497-2024 107494-2024	8
6		Pichanaqui	2	102764-2024 102525-2024	2	122578-2024 106332-2024	2	107543-2024 106338-2024	1	107539-2024	7
		TOTAL POR MES	12		9		8		7		
TOTAL DE MUESTRA DE DICIEMBRE 2023 A MARZO 2024											31

Anexo 3. Evaluación del diagnóstico de la enfermedad cancro citri de diciembre de 2023 a marzo 2024 *Xanthomonas citri*.

CONSOLIDADO, PROSPECCIÓN DE *Xanthomonas citri* (Xcc)

FECHA DE PROSPECCIÓN:

EJECUTOR:

RESPONSABLE SANIDAD VEGETAL

MES DE DICIEMBRE DE 2023 A MARZO DE 2024

Bach. Jhan Franklin Inga Hualpa y Yonil Amador AGUIRRE RIVERA

Dr. Manuel LLANOS ZEVALLOS

N°	SIGVE N° Registro del Sistema		Apellido y Nombre (Propietario del terreno)	DNI / RUC	Ubicación Política			Nombre del predio	Campo Comercial	Nombre Cinético del Cultivo	Variedad/cultivar	Patrón	Georeferenciación, Zona 18				Área Bajo Vigilancia (ha)	N° de Plantas prospectadas	Condiciones climáticas			N° plantas sospechosas		
	N° Código del Productor	N° Registro de Evaluación de Xanthomonas citri			Provincia	Distrito	Sector / CC.NN.						Latitud (N - S)	Longitud (E - O)	Altitud (m. s. n. m)	Fecha de Evaluación			Organo Evaluado	N° Organo Evaluación	Xanthomonas citri	Temperatura Promedio	Humedad Relativa Promedio	Observación en la Prospección
1	42393	202403656	ORTEGA ARIAS, Guido Antonio	06458965	Chanchamayo	San Luis de Shuaro	Playa Pampa	Ortega	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8803620	464430	870	8/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	26	66	Ninguna
2	27678	202403674	RODRIGUEZ MONDRAGON, Jesus Vincens	44123698	Chanchamayo	San Luis de Shuaro	Playa Pampa	Rodriguez	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8803790	464310	875	8/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	26	66	Ninguna
3	19548	202403622	HUACCHA BACON, Ronald Willinthong	44781425	Chanchamayo	San Luis de Shuaro	Playa Pampa	Huaccha	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8803925	464180	880	9/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	27	67	Ninguna
4	01623	202403632	CAYETANO FLORIAN, Darling Xiomara	74586909	Chanchamayo	San Luis de Shuaro	Playa Pampa	Cayetano	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8804090	464030	884	9/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	27	67	Ninguna
5	83386	202404095	RODRIGUEZ FLORES, Deivi Rodolfo	47129063	Chanchamayo	San Luis de Shuaro	Playa Pampa	Flores	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8804210	463950	890	10/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	26	59	Ninguna
6	86121	202404101	ESPIÑOZA ROSAS, Jennyfer	74128093	Chanchamayo	San Luis de Shuaro	Playa Pampa	Espinoza	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8804331	463829	895	10/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	26	59	Ninguna
7	09979	202404107	MUÑOZ AGURTO, Frank Jahir	74589080	Chanchamayo	San Luis de Shuaro	Playa Pampa	Playa Alto	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8804560	463622	900	11/01/2024	6	1662	Ramas/hojas/Frutos	180	0	30	58	Ninguna
8	67098	202404111	TEJEDA PAUCAR, Julia	21105073	Chanchamayo	San Luis de Shuaro	Playa Pampa	Julia	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8804625	463531	906	11/01/2024	4	1108	Ramas/hojas/Frutos	120	0	30	58	Ninguna
9	78553	202404975	REYES RAMIREZ, Alberto Antonio	08090652	Chanchamayo	San Luis de Shuaro	Playa Pampa	Reyes	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8804750	463421	910	12/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	26	63	Ninguna
10	11079	202404980	VEGA HINOSTROZA, Angela Celene	70906840	Chanchamayo	San Luis de Shuaro	Playa Pampa	Vega	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8804871	463315	920	12/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	26	63	Ninguna
11	07677	202405947	BRAVO SANCHEZ, Luis David	73589068	Chanchamayo	San Luis de Shuaro	Alto Playa Pampa	Ortega	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8804908	463225	930	15/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	27	65	Ninguna
12	08132	202405962	ZEGARRA GARCIA, Eros Hugo	73698054	Chanchamayo	San Luis de Shuaro	Alto Playa Pampa	Zegarra	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8804991	463158	936	15/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	27	65	Ninguna
13	27575	202407274	ABREGU HUAMAN, Marcial Pedro	20591351	Chanchamayo	Vitoc	Don Bosco	Santa Maria	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8764855	460683	1228	16/01/2024	8	2216	Ramas/hojas/Frutos	240	0	26	70	Ninguna
14	24105	202407278	MORALES PALACIOS, Jorge	20546967	Chanchamayo	Vitoc	Don Bosco	San Jorge	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8764687	460864	1253	16/01/2024	2	554	Ramas/hojas/Frutos	60	0	26	70	Ninguna
15	24827	202407285	VALERO YAÑACC, Gregorio Raul	41694611	Chanchamayo	Vitoc	Vitoc	Valero	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8760985	463474	951	17/01/2024	8	2216	Ramas/hojas/Frutos	240	0	22	73	Ninguna
16	76253	202407381	ARENAS SAQUI, Angelica	80180334	Chanchamayo	Vitoc	Santa Ana	Angelica	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8761229	463855	1203	17/01/2024	2	554	Ramas/hojas/Frutos	60	0	22	73	Ninguna
17	75110	202407927	LANGA VALENCIA, Emilia	20544553	Chanchamayo	Vitoc	Limonal	El Paraje 1	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8762950	463455	944	18/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	21	65	Ninguna
18	53381	202407934	ALVINO CUSINGA, Dario	20591285	Chanchamayo	Vitoc	Don Bosco	Santa Lucia	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8764380	460105	1341	18/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	21	65	Ninguna
19	75110	202408777	LANGA VALENCIA, Emilia	20544553	Chanchamayo	Vitoc	Limonal	El Paraje 2	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8762960	463469	946	19/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	23	60	Ninguna
20	01064	202408780	GONZALES CASTRO, Doris Magali	71879682	Chanchamayo	Vitoc	Shimayacu	Doris	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8763806	463392	948	19/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	23	60	Ninguna
21	45339	202409099	PALANTE YAÑACC, Elias	42510423	Chanchamayo	Vitoc	Shimayacu	Shimayacu 1	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8763658	463522	949	20/01/2023	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	23	66	Ninguna
22	17780	202409103	LLANTOY PARIANA, Grimaldo	07054695	Chanchamayo	Vitoc	Shimayacu	Llantoy	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8763703	463602	951	20/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	23	66	Ninguna
23	45339	202413930	PALANTE YAÑACC, Elias	42510423	Chanchamayo	Vitoc	Shimayacu	Palante	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8763666	463532	951	21/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	25	68	Ninguna
24	14662	202413936	CALAPUJA ANCCO, Rodrigo	74802569	Chanchamayo	Vitoc	Shimayacu	Ancco	X	Citrus sinensis	Valencia	Cleopatra	8763785	463699	960	21/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	25	68	Ninguna
25	07987	202411151	MARTINEZ RONDINEL, Benito	41514572	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Benito	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8768370	458247	1077	22/01/2024	6	1662	Ramas/hojas/Frutos	180	0	26	61	Ninguna
26	18918	202411173	OJANAMA ROJAS, Mercedes	21147890	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Ojanama	X	Citrus reticulata	Mandarina	Cleopatra	8768458	458127	1078	22/01/2024	4	1108	Ramas/hojas/Frutos	120	0	26	61	Ninguna
27	25067	202411202	ROLDAN VILLANUEVA, Peregrina	06325897	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Roldan	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8768531	458007	1079	23/01/2024	4	1108	Ramas/hojas/Frutos	120	0	28	58	Ninguna
28	32600	202411224	HUAMAN AYALA, Jamv Oscar	47239015	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Huaman	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8768592	457980	1081	23/01/2024	6	1662	Ramas/hojas/Frutos	180	0	28	58	Ninguna
29	00199	202411383	CASTRO JEMIN, Alfonso	07049682	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Castro	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8768675	457900	1083	24/01/2024	3	831	Ramas/hojas/Frutos	90	0	27	64	Ninguna
30	09728	202411400	LAYME VILLEGAS, Mario	24803561	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Layme	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8768743	457825	1085	24/01/2024	4	1108	Ramas/hojas/Frutos	120	0	27	64	Ninguna
31	00238	202411421	CORDOVA ATOCHE, Elsa	03658975	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Cordova	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8768828	457741	1087	24/01/2024	3	831	Ramas/hojas/Frutos	90	0	27	64	Ninguna
32	01177	202413598	VELA PEREZ, Grecia Tatiana	47326189	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Vela	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8768898	457650	1089	26/01/2024	4	1108	Ramas/hojas/Frutos	120	0	28	70	Ninguna
33	79404	202413605	CHISTAMA HUATAPAIRO, Santiago	47316125	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Chistama	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8768950	457594	1090	26/01/2024	6	1662	Ramas/hojas/Frutos	180	0	28	70	Ninguna
34	24508	202413941	YUNCA QUIILCA, Jose Armando	72042827	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Yunca	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8769020	457502	1090	27/01/2024	3	831	Ramas/hojas/Frutos	90	0	23	98	Ninguna
35	19280	202413948	MARTINEZ RONDINEL, Freddy	46575841	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Fredy	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8769115	457460	1092	27/01/2024	3	831	Ramas/hojas/Frutos	90	0	23	98	Ninguna
36	38447	202413956	MARTINEZ RONDINEL, Doris	08407774	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Doris	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8769198	457400	1091	27/01/2024	4	1108	Ramas/hojas/Frutos	120	0	23	98	Ninguna
37	18348	202414721	YUNCA QUISUROCO, José Alberto	20594276	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	El Manso	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8769252	457328	1092	28/01/2024	6	1662	Ramas/hojas/Frutos	180	0	28	67	Ninguna
38	22144	202414724	GUTIÉRREZ HINOSTROZA, Greys Kelly	73381855	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Mirador	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8769348	457210	1094	28/01/2024	4	1108	Ramas/hojas/Frutos	120	0	28	67	Ninguna
39	12032	202415546	NIETO NIETO, Mauro Ramiro	20992943	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Nieto	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8769592	457008	1095	29/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	27	63	Ninguna
40	21694	202415552	YALLE MENDOZA, Yerli	46178194	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Yalle	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8769686	456900	1093	29/01/2024	5	1385	Ramas/hojas/Frutos	150	0	27	63	Ninguna
41	04266	202416943	AQUINO RAFAEL, Cesar Francisco	41606344	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Aquino	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8769741	456845	1096	30/01/2024	4	1108	Ramas/hojas/Frutos	120	0	26	70	Ninguna
42	69820	202416966	MORALES LAURA, Jean Pierre Saul	74312167	Chanchamayo	San Ramon	Chincana	Morales	X	Citrus reticulata	Tangerina	Cleopatra	8769800	456800	1098	30/01/2024	6	1662	Ramas/hojas/Frutos	180	0	26	70	Ninguna
													TOTAL	200	55400	0								

Total de Area Prospectadas	200
Total Número de Plantas Evaluadas	55400
Total Número de plantas sospechosas de Xcc	0

Ejecutor la Prospeccion de Xcc

Especialista

Figura 4. Evaluación Radio de acción de la investigación.

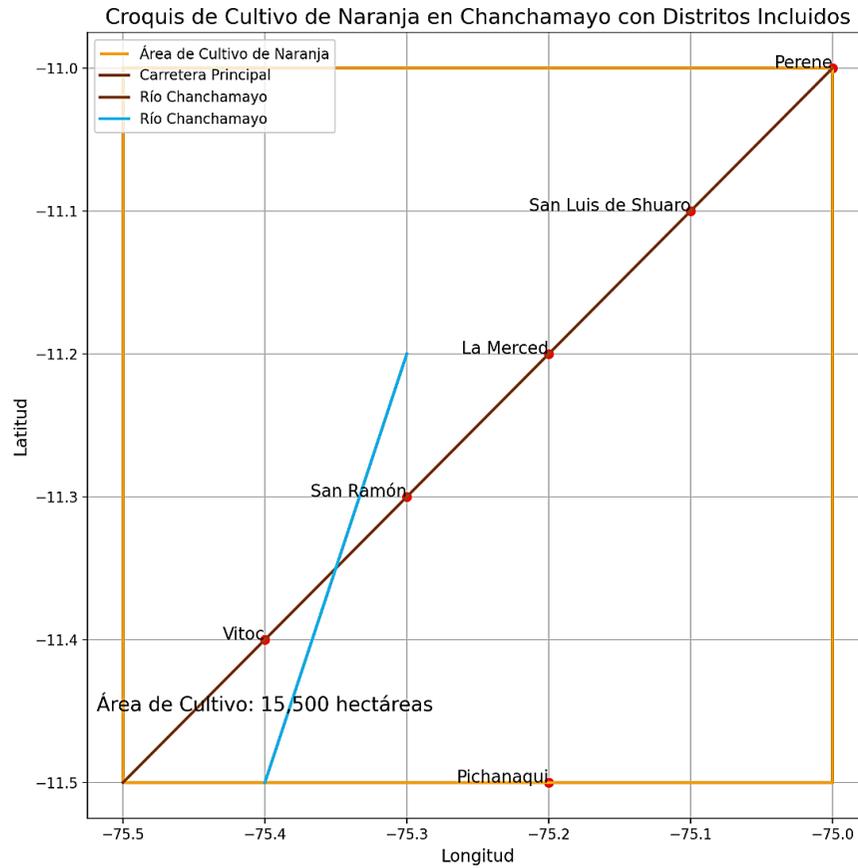


Figura 5. Evaluación de la prospección del Valle de Chanchamayo 2023-2024.



PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 6. Evaluación de plantas cítricas en el vivero de Santa Rosa.



Figura 7. Evaluación de plantas cítricas en el vivero del asesor Dr. Manuel Llanos Zevallos.



Figura 8. Evaluación de la enfermedad del cancro en plantas cítricas.



Figura 9. Preparación de hidróxido de cobre para el control del cancro crítico.



Figura 10. Síntomas de la enfermedad Cancrosis citri en hojas de cítricos.



Figura 11. Presencia de Xanthomonas citri en hojas, ramas y frutos de cítricos.

