

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA



PROYECTO PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL QUIMICO

**BUSQUEDA Y EVALUACION DE
ALTERNATIVAS AL BROMURO DE METILO
PARA TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS**

Andrea Lillo Silva

Profesor Guía:
Carlos Carlesi

2010

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que estuvieron conmigo, no sólo en este período que desarrollé mi memoria, si no en todo el tiempo que estuve estudiando y que me dieron el apoyo para poder terminar la carrera.

Especialmente le agradezco a mi papá Cristián Lillo, por darme la oportunidad de estudiar y desarrollarme en todos los aspectos, por su ayuda y su confianza siempre y por ser la mejor persona del mundo. A mi mamita que siempre ha confiado en mis logros y que es una de las más orgullosas con esto. También a mis hermanas, mi pololo y a todos mis compañeros por darme los mejores momentos de mi vida.

Finalmente, a Fosfoquim (principalmente a Don Pedro Horn) por darme la oportunidad de desarrollar este trabajo dentro de su empresa, y a mi profesor guía por su seguimiento y responsabilidad en mi tema de memoria.

Gracias a todos, ya soy Ingeniera Civil Química.

Con Cariño,

Andrea Lillo

Resumen

Los tratamientos con Bromuro de Metilo han sido los más utilizados hasta ahora en fumigación de fruta fresca, ya que logran ser los más efectivos en la mayoría de las plagas. Sin embargo, dicho producto presenta serias consecuencias al medio ambiente; causa un grave deterioro en la capa de ozono, por lo que su uso está limitado y se prevé que el 2015 se eliminará definitivamente tanto su uso, como su producción.

La fumigación con Fosfina surge como alternativa al tratamiento anterior, siendo eficaz para una serie de plagas. Sin embargo, la plaga conocida como *Brevipalpus chilensis* no se ve afectada por el efecto tóxico de la Fosfina a las condiciones recomendadas de fumigación (1500 ppm y 24 horas de exposición). Es por esto, que fue necesario llevar a cabo un estudio experimental, de manera de contar con nuevas alternativas de fumigación que permitan atacar a la plaga en cuestión, minimizando el impacto en el medio ambiente.

El presente estudio se desarrolló en la Empresa Química Fosfoquim S.A. (Santiago), la cual es destacada en el rubro de la fumigación industrial en el país; en sus instalaciones se adaptaron tambores de fumigación y se cortaron ramas de ligustrinas (Planta Hospedera de *Brevipalpus*) para ser fumigadas. Se prepararon gases como Gas Sulfhídrico, Fosfina diluida y Anhídrido Sulfuroso, los cuales se inyectaron a los tambores manteniéndose a una temperatura de 0° C. Se varió la concentración de los gases para cada tratamiento y además los tiempos de exposición, para finalmente ventilar los tambores. Las hojas fumigadas fueron analizadas contando uno a uno los individuos existentes en ellas, determinando porcentualmente la mortalidad de la plaga frente a los gases. Finalmente, se pudo determinar que el tratamiento más adecuado para la plaga *Brevipalpus* corresponde a un tratamiento con Fosfina a 300 ppm y 10 días de exposición.

Actualmente el costo anual de fumigación de uva con Bromuro de Metilo corresponde a mUS\$14.261,06, mientras que el costo de fumigación con Fosfina sólo corresponde a mUS\$6.103,73. Implementar el tratamiento descrito anteriormente con 300 ppm de Fosfina significa aumentar la capacidad de cámaras de frío adaptadas para fumigación con Fosfina, esto es, invertir en la construcción de cámaras de 4.000 m³ ó adaptar las existentes de manera de contar con una capacidad en cámaras de 4.213.001 m³. Para esto, lo más conveniente es invertir por parte de los frigoríficos en mUS\$11.244,29 correspondientes a la adaptación de las cámaras frigoríficas para Fosfina, y además en la construcción de 12 cámaras de 4.000 m³. Por su parte, Fosfoquim, la empresa que otorga los servicios de

fumigación, debe invertir en mUS\$4.888,98 correspondientes a equipos HDS, vehículos y monitores de Fosfina, obteniendo ganancias netas de alrededor de mUS\$2.000 al año cubriendo así la demanda total de Uvas exportadas a USA en el mercado nacional.

INDICE

1. Introducción.....	1
2. Marco Teórico	
2.1 Fumigación Poscosecha.....	3
2.2 Problemas Ambientales Asociados.....	3
2.3 Fosfoquim.....	5
3. Definición de Objetivos	
3.1 Objetivo General.....	7
3.2 Objetivos Específicos.....	7
4. Revisión Bibliográfica	
4.1 <i>Brevipalpus Chilensis</i>	8
4.2 Fumigación con Bromuro de Metilo.....	10
4.3 Protocolo de Montreal.....	11
4.4 Fumigación con Fosfina y HDS.....	12
4.5 Gas Sulfhídrico.....	15
4.6 Anhídrido Sulfuroso.....	16
5. Preparación de Pruebas de Fumigación	
5.1 Preparación de Gas Sulfhídrico.....	18
5.2 Fosfina Diluida al 2%.....	20
5.3 Estanque de Fumigación.....	23
5.4 Procedimiento General.....	23
5.5 Instrumentos y Métodos de Análisis.....	25
6. Pruebas Preliminares	
6.1 Pruebas de Fumigación con Gas Sulfhídrico.....	29
6.2 Pruebas de Fumigación con Fosfina y Gas Sulfhídrico.....	36
6.3 Pruebas de Fumigación con Fosfina.....	38
6.4 Pruebas de Fumigación con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso.....	40
6.5 Discusiones.....	42
7. Pruebas Finales	

7.1 Diseño Hermético Estanque de Fumigación.....	46
7.2 Pruebas de Fumigación con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso	48
7.3 Pruebas de Fumigación con Fosfina.....	49
7.4 Discusiones	53
8. Resultados y Discusión	55
9. Implementación Industrial	60
10. Análisis de Pre-Factibilidad Económica	
10.1 Evaluación de Alternativas.....	66
10.2 Evaluación Económica Fosfoquim	68
10.3 Análisis de Sensibilidad Fosfoquim.....	72
11. Impacto Ambiental	75
12. Conclusiones.....	78
13. Bibliografía	80
ANEXOS	82

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de Tratamientos con Gas Sulfhídrico.....	29
Tabla 2. Primer Resultado Prueba 1 con Gas Sulfhídrico.....	30
Tabla 3. Segundo Resultado Prueba 1 con Gas Sulfhídrico.....	30
Tabla 4. Tercer Resultado Prueba 1 con Gas Sulfhídrico.....	30
Tabla 5. Cuarto Resultado Prueba 1 con Gas Sulfhídrico.....	31
Tabla 6. Quinto Resultado Prueba 1 con Gas Sulfhídrico.....	31
Tabla 7. Primer Resultado Prueba 2 con Gas Sulfhídrico.....	31
Tabla 8. Segundo Resultado Prueba 2 con Gas Sulfhídrico.....	32
Tabla 9. Resultados Prueba 3 con Gas Sulfhídrico.....	32
Tabla 10. Resultados Testigo Prueba 4 con Gas Sulfhídrico.....	33
Tabla 11. Resultados Tratamiento 1 Prueba 4 con Gas Sulfhídrico.....	33
Tabla 12. Resultados Tratamiento 2 Prueba 4 con Gas Sulfhídrico.....	33
Tabla 13. Resultados Tratamiento 3 Prueba 4 con Gas Sulfhídrico.....	34
Tabla 14. Resultados Análisis de Grados Brix a Kiwis.....	35
Tabla 15. Resultados Personas Entrevistadas Test Kiwis.....	35
Tabla 16. Parámetros Tratamientos con Fosfina y Gas Sulfhídrico.....	36
Tabla 17. Resultados Prueba 6 con Fosfina y Gas Sulfhídrico.....	37
Tabla 18. Resultados Prueba 7 con Fosfina y Gas Sulfhídrico.....	37
Tabla 19. Primer Resultado Prueba 8 con Fosfina y Gas Sulfhídrico.....	37
Tabla 20. Segundo Resultado Prueba 8 con Fosfina y Gas Sulfhídrico.....	38
Tabla 21. Parámetros Tratamientos con Fosfina.....	39
Tabla 22. Resultados Prueba 9 con Fosfina.....	39
Tabla 23. Resultados Prueba 10 con Fosfina.....	40
Tabla 24. Resultados Prueba 11 con Fosfina.....	40
Tabla 25. Parámetros Tratamientos con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso.....	41
Tabla 26. Resultados Prueba 12 con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso.....	41
Tabla 27. Resultados Prueba 13 con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso.....	42
Tabla 28. Resultados Prueba 14 con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso.....	42
Tabla 29. Moles involucrados en Reacción de H_2S/PH_3	44

Tabla 30. Parámetros Tratamientos con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso	48
Tabla 31. Primer Resultado Prueba 15 con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso	49
Tabla 32. Segundo Resultado Prueba 15 con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso.....	49
Tabla 33. Parámetros Tratamientos con Fosfina	49
Tabla 34. Primer Resultado Prueba 16 con Fosfina.....	50
Tabla 35. Segundo Resultado Prueba 16 con Fosfina.....	50
Tabla 36. Primer Resultado Prueba 17 con Fosfina.....	51
Tabla 37. Segundo Resultado Prueba 17 con Fosfina.....	51
Tabla 38. Tercer Resultado Prueba 17 con Fosfina.....	51
Tabla 39. Primer Resultado Prueba 18 con Fosfina.....	52
Tabla 40. Segundo Resultado Prueba 18 con Fosfina.....	52
Tabla 41. Primer Resultado Prueba 19 con Fosfina.....	52
Tabla 42. Segundo Resultado Prueba 19 con Fosfina.....	53
Tabla 43. Tratamientos Recomendados para Brevipalpus	55
Tabla 44. Inyección de Fosfina 1	57
Tabla 45. Inyección de Fosfina 2	57
Tabla 46. Inyección de Fosfina 3	58
Tabla 47. Inyecciones y Volúmenes de Fosfina	59
Tabla 48. Capacidad Cámaras de Fosfina	60
Tabla 49. Exportación en Kilos Uva 2009 por Zonas	61
Tabla 50. Cantidad de Uva Embalada Año 2009	62
Tabla 51. Cámaras Adicionales de Fosfina.....	64
Tabla 52. Costos de Fumigación.....	67
Tabla 53. Valor Presente de Alternativas de Fumigación	67
Tabla 54. Costo Capitalizado de Alternativas de Fumigación	67
Tabla 55. Evaluación con Cámaras Adaptadas	68
Tabla 56. Flujo de Caja Neto Proyecto a 10 años.....	69
Tabla 57. Evaluación Proyecto de Fumigación	72
Tabla 58. Evaluación Proyecto de Fumigación con disminución de Ingresos del 20%....	72
Tabla 59. Evaluación Proyecto de Fumigación con disminución de Ingresos del 50%..	73

Tabla 60. Límites Permisibles de Fosfina	76
--	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fumigación con Fosfina en HDS a una cámara frigorífica	15
Figura 2. Esquema Producción H ₂ S.....	19
Figura 3. Esquema Preparación de Fosfina Diluida	20
Figura 4. Estanque de Fumigación	23
Figura 5. Tubo Colorimétrico y Bomba.....	26
Figura 6. Detector de Gas	27
Figura 7. Microscopio Sargent-Welch	28
Figura 8. Diseño Estanque de Fumigación	47
Figura 9. Estanque Hermético para Fumigación	48

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comportamiento de la Concentración de Fosfina en el Tiempo	56
Gráfico 2. Curva Inyecciones de Fosfina	58
Gráfico 3. Exportación Uva 2009 por Zonas	62
Gráfico 4. Relación Pallet/Volumen Cámara	63
Gráfico 5. Sensibilidad Proyecto de Fumigación expresada con el VAN	73
Gráfico 6. Sensibilidad Proyecto de Fumigación expresada con el TIR.....	74

Glosario de Términos

- TLV-TWA: Media Ponderada en el Tiempo.
- STEL: Límite de Exposición a corto plazo.
- IDLH: Inmediatamente Peligroso para la Vida o la Salud.
- LC50: Concentración letal de toxicidad.
- Biocida: Sustancia activa con capacidad para matar a organismos.
- Botrytis: Hongo patógeno de muchas especies vegetales, aunque su hospedador económicamente más importante es la vid.
- Desodorización: procesos que eliminan de una corriente gaseosa los compuestos que provocan los malos olores.
- Eclosar: Brotar, nacer, aparecer.
- Eutrofización: enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema.
- Encarrujamiento: Rizado, ensortijado o plegado con arrugas menudas.
- Lignificada: Dícese de los brotes o raíces donde se ha depositado lignina en un proceso.
- Lignina: constituyente intercelular incrustante o cementante de las células fibrosas de los vegetales.
- Nervadura: distribución de los nervios que componen el tejido vascular de la hoja de una planta.
- Pecíolo: es el rabillo que une la lámina de una hoja a su base foliar o al tallo.
- Ritidomo: corteza rugosa, áspera y perforada de los troncos de los árboles en la selva.

- Septum: Tapa con cápsula de goma.
- Tangelos: Especie de cítrico como la mandarina originado en el sudeste de Asia.
- Triatomas: insecto heteróptero de la familia Reduviidae.

1. Introducción

La falsa araña roja (*Brevipalpus chilensis*), es una plaga cuarentenaria para diversos mercados de fruta fresca chilena, en especial para el mercado estadounidense, por lo cual es de vital importancia encontrar un método y/o producto viable, que sea capaz de controlar este ácaro sin dañar el producto tratado.

El control total de este ácaro es prácticamente imposible a nivel de huerto, por lo que hay posibilidades que al momento de exportar la fruta, ésta esté contaminada con la plaga. Dentro de los hospederos de *Brevipalpus* se tienen la vid, kiwis, chirimoyo, cítricos y otros frutales y especies ornamentales. El daño que puede causar esta especie es encarrujamiento y deshidratación en uvas, por ejemplo, pero el principal problema es que se trata de una plaga cuarentenaria para algunos mercados, donde su presencia en fruta es causal de rechazo de la partida exportada.

Este ácaro ha sido controlado por muchos años con el uso del Bromuro de Metilo con muy buenos resultados, sin embargo, su uso ha sido fuertemente restringido por el Protocolo de Montreal, por ser una sustancia agotadora de la capa de ozono. Debido a esto, es necesario sustituir este producto por otra sustancia que sea capaz de controlar la falsa araña de la vid sin dañar el medio ambiente.

La fumigación con fosfina diluida, surge como una alternativa a la fumigación con Bromuro de Metilo, controlando eficazmente algunas de las plagas que afectan a las frutas frescas de exportación, como por ejemplo el *Chanchito blanco*. Sin embargo, el tratamiento no resulta completamente efectivo para *Brevipalpus*, ya que se han hecho estudios en los que existe un porcentaje menor de la plaga que no se elimina completamente, por lo que a la más mínima aparición de la plaga en la fruta exportada, ésta es rechazada de inmediato por los mercados de fruta chilena.

El gas sulfhídrico (H₂S), presenta características muy similares a la Fosfina. Posee alta toxicidad frente a ratas e insectos, al tomar contacto con el medio ambiente, éste permanece sólo 18 horas en la atmósfera, y además, no se acumula en el cuerpo humano tras estar expuesto a él varias veces.

Por otro lado, existe el Anhídrido Sulfuroso (SO_2), cuyo compuesto inorgánico fue utilizado antiguamente en fumigación hace varias décadas atrás debido al efecto tóxico del azufre en arañas rojas. Hoy en día su uso se enfoca al control de la botrytis (hongos) en cámaras de fumigación de uvas de mesa por medio de generadores de SO_2 .

En la presente investigación se analizará la mortalidad de la plaga *Brevipalpus chilensis* a la exposición de altas concentraciones de Fosfina, Gas Sulfhídrico y Anhídrido Sulfuroso, con el fin de evaluar esta alternativa en reemplazo del Bromuro de Metilo para tratamientos fitosanitarios. Posteriormente al análisis de mortalidad de la plaga en cuestión, se analizará en detalle la calidad de la fruta utilizada en fumigación, con el fin de descartar alteraciones de sabor, olor, forma y azúcar de las mismas, para finalmente determinar si el tratamiento propuesto es una alternativa eficaz y viable para el control de *Brevipalpus chilensis* en el mercado de la fruta fresca, eliminando así definitivamente el uso del Bromuro de Metilo para tratamientos fitosanitarios, contribuyendo de esta forma al mercado de fruta chilena y además, al cuidado del medio ambiente.

2. Marco Teórico

2.1. Fumigación Poscosecha

La fumigación es un tratamiento que consiste en desinfectar las frutas almacenadas mediante un gas tóxico llamado fumigante. El fumigante o producto fitosanitario se define, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) como aquella sustancia o mezcla de sustancias que resultan mortal para una especie viva determinada. Están destinados a prevenir o destruir la acción de insectos (insecticidas), ácaros (acaricidas), moluscos (molusquicidas), roedores (rodenticidas), hongos (fungicidas), malas hierbas (herbicidas), bacterias (antibióticos y bactericidas) y otras formas de vida animal o vegetal perjudiciales para la salud pública y también para la agricultura (es decir, considerados como plagas y por tanto susceptibles de ser combatidos con plaguicidas); durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de productos agrícolas y sus derivados. Entre los productos fitosanitarios se incluyen también los defoliantes, desecantes y las sustancias reguladoras del crecimiento vegetal o fitorreguladores.

La utilización de productos fitosanitarios produce un aumento extraordinario del rendimiento de la tierra, sin el que no hubiera sido posible alcanzar los niveles actuales de producción alimentaria. También mejoran la posibilidad de comercialización de los productos (retrasando su deterioro, posibilitando su almacenaje y transporte a largas distancias), disminuyen su precio y mejoran su aspecto ante el consumidor.

2.2. Problemas Ambientales Asociados

La utilización de productos fitosanitarios trae como consecuencias principales, la disminución de la biodiversidad, la contaminación del suelo y la contaminación del agua (donde junto con otros productos, como los fertilizantes, producen a veces fenómenos de eutrofización).

El uso de los herbicidas, por ejemplo, se ha generalizado con notable rapidez. Estos productos son, quizás, más peligrosos que los insecticidas, ya que actúan bloqueando la fotosíntesis. También afectan a los ecosistemas acuáticos: la estructura de las comunidades del fitoplancton es modificada por la selección impuesta por tales sustancias y ésta alteración repercute sobre el ecosistema. En los peces, la concentración de sustancias tóxicas puede ser muy elevada. En aves marinas que se alimentan de peces, ésta llega a ser un millón de veces superior a la del medio. Algo similar sucede en el ecosistema terrestre; las concentraciones son cada vez más elevadas a lo largo de la cadena de alimentación. Las aves rapaces parecen ser las más afectadas; aumenta el número de huevos estériles, la cáscara se hace más delgada y se observan alteraciones en los órganos sexuales. Fenómenos similares ocurren en otras especies.

Por otro lado, los productos fitosanitarios, si no son aplicados adecuadamente, son peligrosos para la salud de los que los utilizan, cosa que ocurre habitualmente si los trabajadores agrícolas no han recibido una formación profesional o una instrucción adecuada al trabajo que desempeñan. También pueden llegar a ser peligrosos para el consumidor y pueden producir una intoxicación alimentaria si se han utilizado en exceso o de forma incorrecta, o no se han respetado los periodos de tiempo necesarios para su degradación.

Es frecuente la retirada o prohibición de algunas sustancias activas que obliga a variar la composición de los productos fitosanitarios para disminuir su impacto ecológico, sanitario o el riesgo de que elementos nocivos pasen a la cadena alimentaria; lo que ha incentivado la investigación y desarrollo de productos que las empresas fabricantes denominan fitosanitarios ecológicos, que no necesitan plazo de seguridad.

Es objeto de debate, incluso utilizados de forma correcta y cumpliendo los requisitos mínimos impuestos por las autoridades sanitarias, el consumo continuado de alimentos u otros bienes de consumo que contengan trazas de productos fitosanitarios, puede o no tener consecuencias negativas para la salud: los

movimientos ecologistas y otros agentes sociales partidarios de mayores controles o restricciones o de una agricultura biológica que no los utilice, suelen denunciar que sí; lo que es rebatido por la industria fitosanitaria. Los estudios científicos son difíciles de evaluar, puesto que la demostración de una relación causal o una correlación estadística puede ser interpretada de muy distintas maneras, se involucran cuestiones ideológicas, planteamientos emocionales e intereses económicos, y el patrocinio de los equipos científicos puede verse como una presión para que sus conclusiones vayan en un sentido u otro, como ocurre con otros temas similares: las implicaciones sanitarias del tabaco, de los aditivos alimentarios, o de los organismos genéticamente modificados, cuyo cultivo está estrechamente vinculado a la utilización de determinados productos fitosanitarios, lo que causa una estrecha dependencia de los agricultores con las compañías propietarias de sus patentes.

2.3. Fosfoquim S.A

Fosfoquim fue fundada en 1986, con la construcción de una planta para la producción de Cobre Fosfórico, la cual fue incrementando su tamaño y producción con los años, abasteciendo hoy tanto al mercado nacional como internacional. En 1988 se inicia la producción de Pentasulfuro de Fósforo convirtiéndose en la primera y única planta química que produce este producto en Sudamérica.

A partir de la experiencia en la química y el fósforo y confianza en sus logros, Fosfoquim S.A comienza a desarrollar nuevos productos y tecnologías para la producción de éstos. En el año 1999 se construye una planta para la fabricación de Pentóxido de Fósforo y otra para la fabricación de Tricloruro de Fósforo, ésta última ampliada luego en el año 2000 para abastecer la demanda internacional de este producto en Latinoamérica.

La constante preocupación por la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías hace que en el año 2001 se comience el desarrollo del Horn Diluphos System, un revolucionario sistema para la mezcla de Fosfina con aire sin riesgo de inflamación, para aplicaciones de Fosfina pura para Fumigaciones y Tratamientos Fitosanitarios. Este equipo hoy se comercializa en diferentes países del mundo, siendo la única

tecnología a nivel mundial para la dilución de Fosfina en aire. Hasta el momento se ha desarrollado 4 modelos de equipos, que se fabrican íntegramente en la planta de Padre Hurtado.

En el año 2001, Fosfoquim crea una filial en EEUU, Fosfoquim USA, de la cual es dueña en un 50% para la comercialización de sus productos en EEUU. El año 2002, Fosfoquim comienza a ofrecer servicios de fumigaciones y tratamientos fitosanitarios de productos alimenticios almacenados, rubro en el cual cuenta con numerosas patentes, publicaciones y solicitudes de patente en trámite. El año 2005 se crea una nueva filial de Fosfoquim, FOSFOQUIM FUMIGACIONES, la cual ofrece un completo servicio de tratamiento fitosanitario, principalmente orientado a la fruta de exportación Chilena.

El año 2002, Fosfoquim crea una filial Fosfoquim Argentina para la prestación de servicios de fumigaciones con Fosfina en Argentina.

En el año 2003, Fosfoquim comienza a desarrollar una tecnología propia para la fabricación de Sulfhidrato de Sodio, concluyendo en la construcción de una planta industrial en la ciudad de Talcahuano, la cual entra a producir en el 2007 y se amplía a plena capacidad a principio de 2008.

Hoy en día, Fosfoquim cuenta con diferentes productos, entre ellos, Colectores de Cobre y Depresantes para la Industria Minera, aleaciones de Cupro-Fósforo, Sulfhidrato de Sodio, entre otros, con lo cual se convierte en actor a nivel nacional como abastecedor de la industria minera y química.

En el año 2005, ASQUIM le ha otorgado una distinción especial a Fosfoquim como empresa preocupada por el desarrollo sustentable gracias a su método de fumigación con Fosfina que reemplaza el uso del Bromuro de Metilo, cuyo uso, Chile se comprometió a eliminar en el marco del Protocolo de Montreal.

3. Definición de Objetivos

3.1. Objetivo General

Proponer un sistema de fumigación efectivo para el control de *Brevipalpus*, reemplazando los tratamientos fitosanitarios con Bromuro de Metilo.

3.2. Objetivos Específicos

- Estudiar el efecto químico de ciertos gases fumigantes en el control de *Brevipalpus*.
- Comprobar de manera experimental el comportamiento de la plaga frente a diferentes concentraciones y tiempos de exposición a gases tóxicos.
- Diseñar un sistema de fumigación aplicable a nivel industrial.
- Certificar la calidad de las especies fumigadas bajo la exposición de gases tóxicos.
- Evaluar económicamente la viabilidad del proyecto de fumigación con el producto químico escogido.

4. Revisión Bibliográfica

4.1. *Brevipalpus Chilensis*

Brevipalpus Chilensis, conocido como Falsa Arañita roja de la vid, es un ácaro que pertenece al orden Acarina, familia Tenuipalpidae. Este ácaro nativo de Chile se encuentra distribuido desde las regiones III a IX. Como hospederos primarios del ácaro se encuentra el limonero (*Citrus limon*) y la vid (*Vitis vinífera*), como hospederos secundarios a ligustrina (*Ligustrum vitis*) y *Ampelopsis* sp; y como hospederos ocasionales al chirimoyo (*Annona cherimolla*), kaki (*Dyaspilos kaki*), higuera (*Ficus carica*) y kiwi (*Actinidia deliciosa*). Dentro de las malezas comunes en viñedos, la correhuela (*Convolvulus arvensis*) puede albergar poblaciones elevadas de la arañita.¹

La falsa arañita roja de la vid (*B. chilensis*) presenta dimorfismo sexual poco evidente en sus estados adultos. La hembra adulta es de cuerpo ovalado y muy aplanado, de color rojo oscuro con manchas negras y mide 0,8 mm de largo. El macho es más pequeño que la hembra con el extremo posterior más agudo. Los huevos son ovoides de color rojo brillante con estrías longitudinales. De los huevos eclosionan las ninfas (muy aplanadas de color rojo brillante), las que pasan por tres estados conocidos como primera ninfa o larva (con tres pares de patas), protoninfa (ya con los definitivos cuatro pares de patas) y deutoninfa, antes de transformarse en adulto.¹

Una generación completa de la arañita emplea para desarrollarse un mínimo de 18 días, un máximo de 59 y un promedio de 25,33 días. Es por esto que en la zona central de Chile puede haber de cinco a seis generaciones en el año. Las dos primeras generaciones (primavera y parte del verano respectivamente) demoran alrededor de 25 días en desarrollarse; mientras que en las siguientes el ciclo dura alrededor de 22 días. Sólo desde la tercera generación la proporción de machos aumenta hasta que se comienza a observar cópula, por lo tanto las hembras se reproducen partenogénicamente durante toda la primavera y la mayor parte del verano, con un potencial reproductor no menor a 250 huevos por hembra.

En frutales de hoja caduca como vid (*Vitis vinifera*) y kiwi (*Actinida deliciosa*), *B. chilensis* inverna como hembra adulta fecundada escondida en el interior de las escamas de las yemas, bajo el ritidomo, grietas de corteza y las amarras de los cargadores. Al comenzar la temporada primaveral las hembras comienzan a subir a los brotes para la primera postura primaveral, que al cabo de cinco días eclosionan y las ninfas se distribuyen en los cargadores alimentándose tanto de corteza no lignificada como del follaje. Durante el período primaveral y la primera parte del verano, los ácaros se concentran en el follaje, pudiendo, en algunas ocasiones, alcanzar poblaciones de más de mil individuos en el envés de la hoja por ambos lados de la nervadura, para luego expandirse al resto de la lámina. En las generaciones siguientes los individuos colonizan el racimo. En la última generación las hembras fecundadas se dirigen a la base de la inserción del pecíolo, para luego descender por él hacia la parte leñosa de la planta o hacia las yemas de sarmientos y amarras de los cargadores. Una vez protegidas las hembras, estas se disponen definitivamente a pasar el invierno en esta forma y luego comenzar el ciclo en la siguiente primavera.¹

El daño de la falsa arañita roja de la vid depende del cultivar, ya que el daño en cepas de mesa y en cepas para vinificación es distinto. En vid para consumo fresco, *B. chilensis* sólo produce un daño comercial por su carácter cuarentenario para Estados Unidos, principal mercado para Chile, que obliga la fumigación de la fruta antes del ingreso a dicho país. En vid vinífera es un problema grave, ya que ataca todas las cepas. El daño más importante que la arañita produce a la vid parece ser el causado por los primeros individuos primaverales que colonizan la vegetación naciente de septiembre y octubre. La brotación de las yemas coincide con la subida de las hembras que invernaron en el tronco, las que comenzarán la primera generación. Ésta generación coloniza rápidamente los brotes secando fácilmente las pequeñas hojas. A medida que la invasión aumenta con las siguientes generaciones, se pueden apreciar individuos a ambos lados de la nervadura foliar, los que van produciendo una decoloración de la hoja; luego la hoja se encarruja doblando sus bordes hacia la cara inferior y comienza a observarse una tonalidad verde cobrizo, que en las cepas tintas se observa casi morado, para luego secarse las hojas y

finalmente producirse una defoliación prematura. Esta caída prematura de las hojas produce un mosto de baja graduación alcohólica y por tanto de menor calidad.¹

4.2. Fumigación con Bromuro de Metilo

El Bromuro de Metilo ha sido el fumigante más usado hasta el presente en el tratamiento de fruta fresca, y sin duda entre los más efectivos. Es gaseoso por encima de 4,5° C y tiene una densidad alta (1,73 g/cm³). Como gas es 3,4 veces más pesado que el aire, por lo que si no se utiliza un recirculador durante una fumigación, tiende a ocupar el fondo o los lugares bajos del objetivo que se fumiga y desplazar el aire que escapa por el extremo superior. Si el tiempo de exposición es superior a 24 h, el bromuro de metilo se distribuye homogéneamente en el espacio bajo tratamiento.²

El efecto biocida del bromuro de metilo se basa en la transformación química de las proteínas constitutivas de los organismos vivos acorde con la expresión:



Las proteínas tienen una función esencial en cualquier organismo vivo, y cuando se modifican químicamente por la acción del fumigante se desnaturalizan o, en otras palabras, se alteran y pierden su función vital, y en consecuencia el organismo muere. Esta es la razón por la cual el bromuro de metilo es un biocida total, lo que significa que afecta cualquier organismo vivo, incluso los huevos de insectos.

Debido a que el efecto tóxico del bromuro de metilo depende de una reacción química, resulta que:

- La acción tóxica depende de la concentración del fumigante.
- La acción tóxica depende de la temperatura y aumenta con su incremento. Por eso este fumigante es mucho más efectivo en verano que en invierno.
- La acción tóxica depende del tiempo de exposición y por tanto del factor concentración-tiempo.

El bromuro de metilo también reacciona con las proteínas de los productos objeto de tratamiento, los transforma y deja un residuo de bromuro inorgánico sobre ellos. Terminada la fumigación el remanente escapa al ambiente. Esto se facilita si la instalación fumigada tiene sistema de extracción de gases, o al menos de recirculación. Sobre la mercancía tratada queda muy poco bromuro de metilo. Por lo general la concentración es del orden de 1 mg/kg o menos.

Los residuos toxicológicamente significativos dejados por una fumigación con bromuro de metilo son las proteínas transformadas (metiladas). En la práctica es muy difícil determinar la concentración de estas proteínas en cualquier alimento tratado; pero es más fácil determinar cuánto bromuro inorgánico se generó en el tratamiento. De hecho esto es lo que se hace, y se toma la concentración de bromuro inorgánico como medida de la concentración de las proteínas metiladas.²

Desde el punto de vista de la formación de residuos en el alimento tratado y basado en que estos se originan por una reacción química, se puede concluir que:

- La misma dosis, con igual tiempo de exposición, origina concentraciones de residuos diferentes en alimentos diferentes.
- La misma dosis, con igual tiempo de exposición, origina concentraciones diferentes de residuos en el mismo alimento, en dependencia de la superficie (por ejemplo, es mayor en harina de trigo que en el trigo sin moler).
- Para cualquier alimento, los tratamientos originan concentraciones más altas de residuos en verano que en invierno. Para cualquier reacción química su velocidad se triplica aproximadamente por cada 10°C de aumento de la temperatura.

4.3. Protocolo de Montreal

Acuerdo Internacional que limita, controla y regula la producción, el consumo y el comercio de sustancias depredadoras de la capa de ozono. Este acuerdo fue negociado en 1987 y entró en vigor el 1º de enero de 1989. La primera reunión de las

partes se celebró en Helsinki en mayo de ese 1989. Desde ese momento, el documento ha sido revisado en varias ocasiones, en 1990 (Londres), en 1991 (Nairobi), en 1992 (Copenhague), en 1993 (Bangkok), en 1995 (Viena), en 1997 (Montreal) y en 1999 (Beijing). Se cree que si todos los países cumplen con los objetivos propuestos dentro del tratado, la capa de ozono podría haberse recuperado para el año 2050. Debido al alto grado de aceptación e implementación que se ha logrado, el tratado ha sido considerado como un ejemplo excepcional de cooperación internacional.³

El tratado se enfoca sobre las sustancias que se entienden que agotan el ozono (el agotamiento se refiere a la disminución de los niveles de ozono por la destrucción química del mismo). Las sustancias que agotan el ozono son aquellas que contienen cloro y bromo (ya que aquellas halogenadas con flúor únicamente, no dañan la capa de ozono). Cada grupo de sustancias tiene establecido un cronograma (llamado calendario en el tratado) de reducción en su producción y consumo hasta llegar a la eliminación parcial.³

Para el bromuro de metilo se especificó lo siguiente:

Países Desarrollados:

- Congelación en 1995 a nivel básico de 1991. (Excepción para los usos de pre embarque y cuarentena).
- Reducción en un 25% en 1999.
- Reducción en un 50% en 2001.
- Reducción en un 70% en 2003.
- Eliminación total en 2005. (Incluye excepción para los usos críticos y cuando no existen soluciones de sustitución viable de probada eficacia).

Países en desarrollo:

- Congelación en 2002 a nivel básico medio (1995-1998).

- Eliminación total en 2015. (Incluye excepción para los usos críticos y cuando no existen soluciones de sustitución viable de probada eficacia).

4.4. Fumigación con Fosfina y HDS

Una nueva era en fumigación con fosfina comenzó luego que FOSFOQUIM desarrollara en el año 2001, el Horn Diluphos System para la dilución directa de fosfina con aire. La fosfina se ha usado por más de 70 años como insecticida y actualmente es el fumigante más aceptado para el tratamiento de productos almacenados. Nunca antes, debido a que la fosfina forma mezclas explosivas y autoinflamables con el aire en concentraciones superiores a los 18.000 ppm (1,8%), había sido posible aplicar fosfina en su estado puro diluida con aire, a pesar de que este sería el mejor método de aplicación.⁴

Llevando a cabo una serie de diferentes pruebas, FOSFOQUIM ha logrado resolver el problema, patentando un sistema de dilución de fosfina con aire de manera segura, sin riesgos de inflamación en el proceso. El HORN DILUPHOS SYTEM (HDS) permite la dilución de fosfina pura con aire, obteniendo un flujo continuo de aire mezclado con fosfina a una concentración de 10.000 ppm a una tasa de 19,47 o 200 gramos de fosfina por minuto, dependiendo del modelo de HDS utilizado. Se trata de un sistema automatizado que informa al operador, mediante una pantalla LCD sobre los pasos a seguir. Entre las aplicaciones del HDS se encuentran aplicaciones de fosfina a silos, depósitos planos, espacios vacíos, molinos, containers y fumigación a fruta fresca a baja temperatura y alta concentración de fosfina, en donde la fruta no sufre daños y se logra un efectivo control de las plagas de la fruta.⁵

La principal ventaja del uso de fosfina pura, en comparación con el bromuro de metilo, es el hecho de que no deja residuos de bromuro en la fruta luego del tratamiento, y que luego de ser liberada a la atmósfera, ésta se oxida a ácido fosfórico por la acción de la luz solar. Además se ha determinado que la fumigación puede llevarse a cabo en forma satisfactoria, si es que el proceso es llevado a cabo a temperaturas de entre -1,5 a 6° C con una concentración de fosfina entre 1.000 y

2.000 ppm en un recinto sellado, con un tiempo de exposición entre 24 y 72 horas, dependiendo de la peste que se quiera controlar. Se ha descubierto que cuando se baja la temperatura, se pueden llevar a cabo fumigaciones con muy alta concentración de fosfina sin producir daño en la fruta debido a la baja actividad metabólica de la fruta a estas temperaturas.⁴

Un pequeño cambio de sabor ha sido detectado en la fruta luego de la fumigación, el cual desaparece luego de 1 a 6 días de almacenaje de la fruta a baja temperatura.⁶ El tratamiento se lleva a cabo preferentemente a la temperatura de almacenamiento de cada especie o variedad. Por ejemplo, para uva, kiwi, manzanas, berries, peras, nectarines, duraznos, etc., es preferible realizar el tratamiento a su temperatura correspondiente de almacenaje en frío.⁷

La mejor manera de realizar el tratamiento es fumigar la fruta directamente en las cámaras frigoríficas como se muestra en la Figura 1, en donde se almacena la fruta luego del proceso de embalaje, dejando los equipos de frío funcionando durante todo el período de fumigación. Las cámaras frigoríficas son adaptadas para el proceso de fumigación, instalando una tubería de inyección de mezcla aire-fosfina, por lo cual se inyecta el gas al interior de la instalación, cerca de los ventiladores de los equipos de frío con el objetivo de lograr una rápida distribución del gas al interior de la cámara. Adicionalmente se instala un segundo ducto el cual succiona aire desde el interior de la cámara, pero lejos del punto de inyección.

Hasta ahora, se ha demostrado que es posible controlar la mayoría de las plagas de la fruta, tales como los chanchitos blancos, *Pseudococcus spp*; polilla de la manzana, *Cydia pomonella*; eulia, *Proeulia spp*; Burrito de la vid, *Naupactus xanthographus*; mosca de la fruta del mediterráneo, *Ceratitis capitata*; mosca de la fruta, *Bactrocera spp*, *Anastrepha spp*; y *Thrips spp*.⁸

Actualmente, se está evaluando la eficacia de la fosfina en el control de plagas diferentes a las que ya se ha probado su efectividad. Adicionalmente, otras especies de frutas están siendo evaluadas en cuanto a su resistencia a la fosfina, de modo de asegurar la calidad de la fruta tratada.⁹



Figura 1. Fumigación con Fosfina en HDS a una cámara frigorífica.

4.5. Gas Sulfhídrico

El ácido sulfhídrico o sulfuro de hidrógeno es un ácido inorgánico de fórmula H_2S . Este gas, más pesado que el aire, es inflamable, incoloro, tóxico y su olor es el de la materia orgánica en descomposición, como los huevos podridos. Con bases fuertes forma sales, los sulfuros. Su punto de ebullición es de 212,86 K.¹⁰

La gente puede detectar su olor a niveles muy bajos. Es uno de los principales compuestos causantes de las molestias por malos olores. Por esto se han desarrollado diferentes procesos de desodorización que lo eliminan de la corriente contaminada, como por ejemplo los procesos de tratamiento de gas con aminas en la industria o la utilización de nitrato cálcico en aguas residuales.

El ácido sulfhídrico es extremadamente nocivo para la salud, bastan 20-50 ppm en el aire para causar un malestar agudo que lleva a la sofocación y la muerte por sobreexposición. Es habitual que obreros del sector portuario sean afectados con

resultados fatales cuando se introducen a bodegas que han transportado productos derivados de la pesca. En este caso, la fuente del ácido sulfhídrico son las proteínas sulfuradas que se degradan liberando el mencionado ácido.¹⁰

En determinadas concentraciones (mayores a 1.000 ppm) una sola inhalación puede producir parálisis respiratoria, matando a la persona casi instantáneamente. Este gas además produce insensibilidad del sistema del olfato, aumentando el riesgo al crear en las personas una falsa sensación de seguridad. También irrita la piel y los ojos.

Límites máximos permisibles:

Detección por olfato	0,13 ppm
TLV-TWA	10 ppm
STEL	15 ppm
PEAK	50 ppm por 10 minutos máximo
IDLH	300 ppm (inmediatamente dañino para la salud)
LC50	444 ppm (50% de muertes en ratas)

La compatibilidad del H₂S con materiales se puede ver en el Anexo D, página 1.

4.6. Anhídrido Sulfuroso

El dióxido de azufre, cuya fórmula es SO₂, es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. Se trata de una sustancia reductora que, con el tiempo y en contacto con el aire y la humedad, se convierte en óxido de azufre. En agua se disuelve formando una disolución ácida.

El elemento azufre ya se conocía como insecticida desde el año 1000 A.C.¹¹ El polvo de azufre se emplea en campamentos para controlar los triatomas, y por aficionados a la jardinería, para controlar las garrapatillas y las arañas rojas, a pesar de que hay sustancias más eficaces. Por su parte, el dióxido de azufre ha sido usado por siglos como fumigante en el hogar, deslustra los metales, destruye o descolora

los tejidos, y daña algunos alimentos. También fue utilizado durante siglos en la desinfección por ejemplo de las cubas de vino quemando azufre en su interior.

No es demasiado peligroso para el hombre, ya que aun en concentraciones muy pequeñas produce tos, lo que da aviso suficiente antes de que ocurra una exposición grave.

Hoy en día, los generadores de anhídrido sulfuroso (SO_2) son el único método efectivo para controlar el desarrollo de botrytis en la uva de mesa durante el proceso de almacenaje y transporte. Estos dispositivos están constituidos por una fase rápida y una fase lenta. La primera tiene la función de emitir una cantidad importante de gas en un período corto, lo que permite eliminar las esporas de botrytis presentes en la superficie de la fruta y cicatrizar heridas o daños inherentes al proceso de embalaje. La fase lenta producirá un nivel bajo de SO_2 apropiado para controlar el desarrollo de la pudrición durante el almacenaje de la fruta.

5. Preparación de Pruebas de Fumigación

Con el fin de evaluar la mortalidad de la plaga *Brevipalpus chilensis* se hicieron pruebas de fumigación utilizando gases como fumigante. Se trabajó con Fosfina (PH₃), que ya es utilizada como fumigante por su efecto acaricida, y además se realizaron pruebas con Gas Sulfhídrico (H₂S) y Anhídrido Sulfuroso (SO₂) para analizar la toxicidad del gas frente a esta plaga determinada. La Fosfina y el Gas Sulfhídrico fueron preparados antes de realizar las pruebas, mientras que el SO₂ se utilizó tal como viene por su proveedor.

Las fumigaciones fueron realizadas en tambores adaptados como cámaras de fumigación y a una temperatura aproximada de 0° C.

5.1. Preparación de Gas Sulfhídrico

La preparación de gas sulfhídrico se realizó a partir de soluciones diluidas de NaSH al 10% y H₂SO₄ también al 10% (Anexo A, página 1), de manera de evitar la formación de sales cristalizadas de Na₂SO₄. La formación de gas sulfhídrico a pH básico se expresa en la siguiente reacción:



El sistema donde se generará este gas consta de los siguientes materiales:

- Balón de 1 litro de 2 cuellos
- Tapa esmerilada con septum
- 1 Embudo de Decantación
- Manguera de Silicona
- Soporte para el sistema
- 2 jeringas
- Agua

- Acido Sulfúrico al 10%
- Sulfhidrato de Sodio al 10%

El bidón de 1 litro de capacidad estará conectado por uno de sus cuellos a una manguera de silicona (1), la cual estará conectada a su vez por fondo a un embudo de decantación con una cierta cantidad de agua. El embudo posee dos salidas por tope, las cuales están conectadas a otras dos mangueras. Por una de las salidas del embudo, la manguera (2) se encuentra cerrada, y por la otra (3), circula aire hacia el exterior. El bidón contiene en su totalidad Sulfhidrato de Sodio al 10% con el fin de evitar cualquier burbuja de aire en el recipiente y en la manguera que desplaza la solución al embudo. Por el otro cuello del bidón, se encuentra un septum, de manera de inyectar Acido Sulfúrico al 10% a través de una jeringa, y también extraer el H_2S formado. A medida que se va formando el gas, la solución de NaSH se va desplazando desde el bidón, por la manguera y hacia el embudo de decantación, tal como se muestra en la Figura 2.

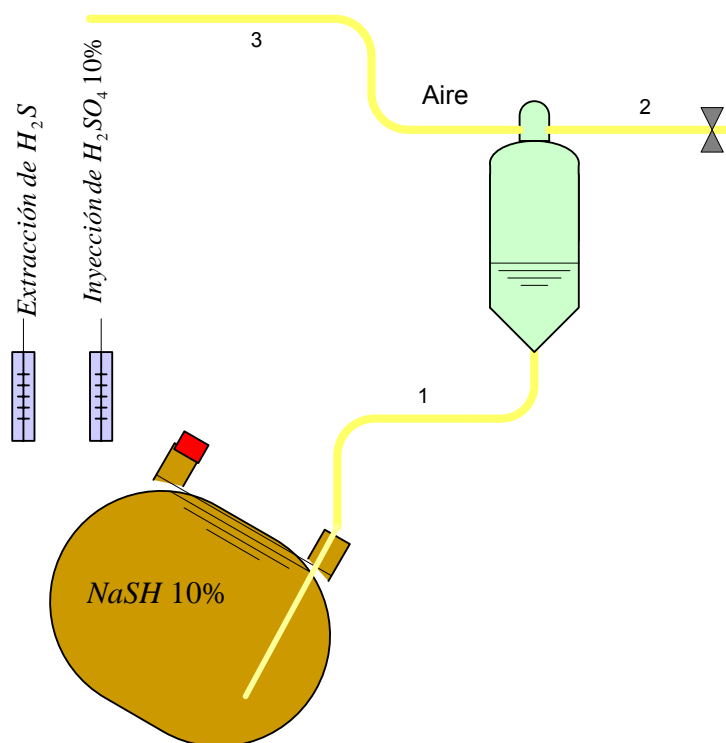


Figura 2. Esquema Producción de H_2S

5.2 Fosfina Diluida al 2%

La fosfina es inflamable en contacto con el aire en forma espontánea a concentraciones sobre 18.000 ppm. Es por esto, que para efecto de pruebas experimentales de fumigación sin utilizar el HDS, es necesario diluirla hasta una concentración en volumen del 2%, siguiendo el esquema de la Figura 3.

Para la preparación del cilindro de fosfina diluida se debe utilizar un cilindro de fosfina pura vacío (Presión de 1 bar absoluto), el cual a pesar de no tener diferencia de presión, contiene suficiente fosfina para preparar un cilindro con un volumen de fosfina pura diluida con nitrógeno.

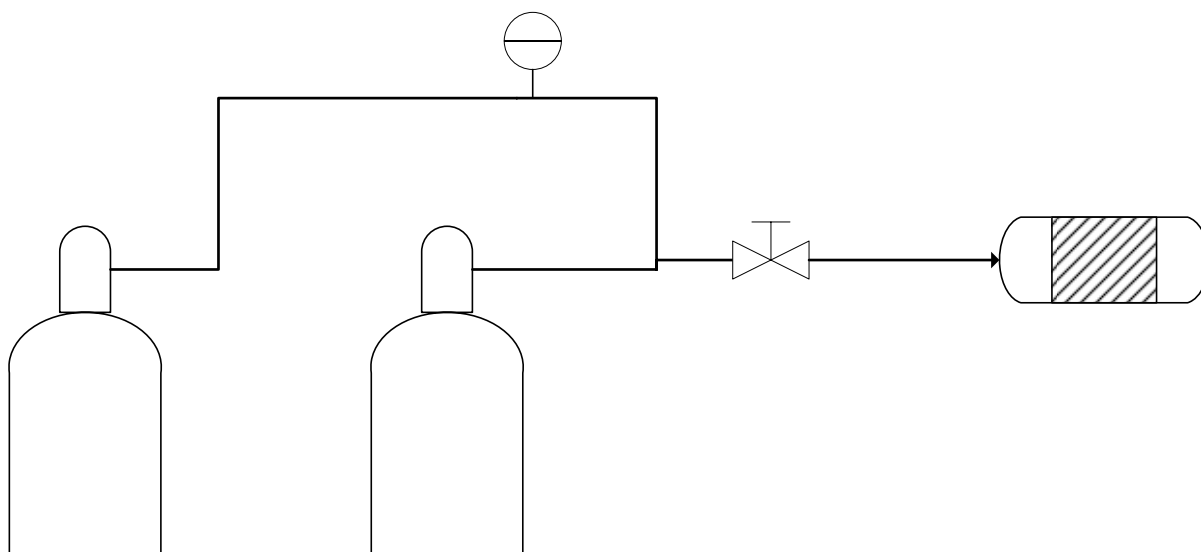


Figura 3. Esquema Preparación de Fosfina Diluida

La primera operación a realizar fue verificar que el cilindro no tiene presión. Para ello se debió purgar la conexión de fosfina utilizando nitrógeno para desplazar el oxígeno, evitando que la fosfina reaccione y se queme con éste en las tuberías de conexión, siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Manteniendo la válvula de descarga cerrada, se abrió la válvula del cilindro de nitrógeno hasta que la presión se estabilizó en las tuberías.

2. Se cerró la válvula del cilindro de nitrógeno.
3. Se abrió la válvula de descarga.
4. Finalmente, se repitió las operaciones 1, 2 y 3 unas 3 o 4 veces para asegurarse de que no exista oxígeno en las conexiones.

Luego se verificó que el cilindro no presentaba presión negativa o vacío en su interior, para ello se siguieron los siguientes pasos:

1. Se activó el quemador de fosfina al final de la línea de descarga.
2. Se mantuvo la válvula del cilindro de nitrógeno cerrada y la válvula de descarga cerrada, luego se abrió la válvula del cilindro de fosfina por unos segundos.
3. Se cerró la válvula del cilindro de fosfina.
4. Se abrió la válvula de descarga del sistema y se verificó si existía llama.
5. En caso de no hubiera existido llama, no se debe utilizar el cilindro ya que tiene presión negativa y por lo tanto se debe utilizar otro cilindro para la dilución.

Además, se procedió a verificar la ausencia de presión positiva en el cilindro de fosfina mediante el siguiente procedimiento:

1. Se mantuvo la válvula del cilindro de nitrógeno cerrada, el quemador de fosfina activado y la válvula de descarga cerrada, y luego se abrió la válvula del cilindro de fosfina.
2. Se abrió lentamente la válvula de descarga para que el gas se dirigiera al quemador de fosfina al final de la línea.
3. Se mantuvo esta condición por un largo tiempo hasta que no existiera llama al final del sistema de carga.

4. Finalmente se purgó el sistema de carga utilizando nitrógeno según los pasos anteriores para asegurarse de la ausencia de fosfina en el sistema de carga.

Una vez que se comprobó que efectivamente el cilindro de fosfina estaba “vacío”, es decir con PH_3 a 1 bar absoluto, y que por lo tanto la presión al interior del cilindro es igual a la presión atmosférica, se pudo realizar la dilución de fosfina con nitrógeno.

En un cilindro con presión igual a la atmosférica, aun hay fosfina pura en su interior y por lo tanto se deben mantener las mismas precauciones y condiciones que si se estuviera trabajando con un cilindro lleno.

El volumen interior del cilindro es de 49 litros, si consideramos que un mol equivale a 22,4 litros de gas, podemos calcular que en el cilindro hay 2,188 moles de fosfina. Tomando en consideración el peso molecular de la fosfina (34 g/mol), en el cilindro de fosfina aun hay 74,392 gramos de fosfina.

Para lograr una dilución del 2% en volumen, y teniendo un volumen inicial de 49 litros de fosfina, podemos calcular la cantidad de mezcla que se preparó en el cilindro de fosfina mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Vol. Inicial} \cdot [\%]_{\text{Inicial}} = \text{Vol. Final} \cdot [\%]_{\text{Final}}$$

$$49 \text{ [l]} \cdot 100\% = x \text{ [l]} \cdot 2\%$$

$$x = 2450 \text{ [l]}$$

Se requiere un volumen total de 2.450 litros, pero como ya tenemos 49 litros de fosfina, se deben adicionar 2.401 litros de nitrógeno.

Tomando en cuenta que los cilindros de nitrógeno llenos tienen 10,7 Kg de N_2 a una presión de 200 bares, y su peso molecular es de 28 g/mol, se puede calcular el volumen interior del cilindro.

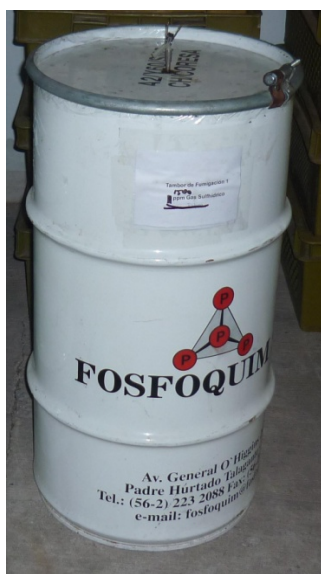
$$\text{Volumen Interior Cilindro} = \frac{(10700/28) \cdot 22,4}{200} = 42,8 \text{ [l]}$$

Si el volumen interior del cilindro de N_2 es de 42,6 litros y se requiere inyectar 2.401 litros en el cilindro de fosfina, se puede deducir que el diferencial de presión entre el inicio y el término de la inyección debe ser de 57,25 bares.

La temperatura durante todo el proceso debe ser constante, por lo tanto fue posible monitorear la temperatura inicial y realizar el proceso de carga en forma pausada.

5.3 Estanque de Fumigación

Para realizar las pruebas preliminares de fumigación, se utilizaron cilindros de Acero al Carbono de 60 litros de capacidad. Éstos poseen una tapa y adicionalmente un aro con su respectivo perno, tal como se muestra en la Figura 4.



Especificaciones:

Altura Cilindro: 67 cm

Diámetro Interno: 37,38 cm

Diámetro Externo: 37,5 cm

Espesor Cilindro: 0,6 mm

Figura 4. Estanque de Fumigación

5.4 Procedimiento General

- 1) Sacar ramas de la Planta Ligustrina, ubicada en las dependencias de Fosfoquim S.A. Las hojas de las ramas deben poseer una cantidad apreciable de *Brevipalpus chilensis* vivos para realizar las pruebas.

- 2) Separar las ramas en la cantidad de pruebas a realizar y envolver la base de ellas en toalla nova húmeda para evitar la deshidratación de éstas durante el período que dure la fumigación.
- 3) Colocar las ramas anteriormente envueltas en toalla nova, en una bolsa de plástico y amarrada por un elástico.
- 4) Poner cada conjunto de ramas en un tambor de fumigación junto con un número cercano de 10 frutas de temporada.
- 5) El tambor N° 1 correspondiente al Tratamiento Testigo (T0), llevará un data logger (Watchdog) para monitorear la temperatura de fumigación en todo el período.
- 6) Sellar cada tambor con su tapa, y adicionalmente con cinta adhesiva para darle hermeticidad al recipiente y evitar el escape del gas fumigante.
- 7) Luego del sellado de los tambores, se procederá a adicionarle el gas. La dosificación de H_2S se hará con jeringa adicionando el volumen determinado para cada concentración (con 5% de exceso) en el tambor. La adición de fosfina (Anexo C, página 1) será con la bala 1 de 2,7260 litros según procedimiento de dosificación a tambores. La dosificación de SO_2 se hará directamente con jeringa a partir de la bala 2 de 2,7656 litros.
- 8) Una vez adicionado los fumigantes, se medirá la concentración de los gases existentes en el tambor mediante tubos colorimétricos (Anexo C, página 1), con el fin de comprobar la concentración aplicada.
- 9) Se someterán los tambores a una cámara frigorífica por un período mínimo de 24 horas.
- 10) Pasado el tiempo de fumigación, se procederá a la ventilación. Se sacarán los tambores de la cámara frigorífica, y se pondrán al aire libre para dejar escapar el gas de fumigación.

- 11) Finalmente, terminada la ventilación de cada uno de los tambores, se analizará la mortalidad de *Brevipalpus chilensis* en las hojas de ligustrina, determinando a qué concentración del gas utilizado, los individuos son finalmente muertos. Posteriormente hacer un análisis cuantitativo y determinar porcentaje de mortalidad en cada tratamiento.
- 12) Si los individuos analizados presentan alta mortalidad, se analizarán por un período de al menos 15 días para comprobar también la mortalidad de los huevos eclosados.
- 13) Las ramas de ligustrinas que permanecerán en estudio deben quedar almacenadas en su tambor a temperatura aproximada de 15° C.
- 14) Las frutas fumigadas serán almacenadas por un par de días con el fin de que haya desaparecido cualquier olor extraño que haya quedado después de su fumigación, posteriormente, se evaluará su sabor.

5.5. Instrumentos y Métodos de Análisis

▪ Tubos colorimétricos

La determinación precisa, y de gases en la atmósfera, a través de la tecnología de tubos detectores, es de gran trascendencia para constatar las dosificaciones aplicadas y para proteger a los operarios que manejan este fumigante.

El sistema de tubos detectores permite detectar y medir todo el rango de concentraciones de gas, desde menos del nivel permisible para exposición continua o intermitente hasta el usado para combate de plagas.

El sistema funciona para muchos fumigantes, incluyendo: ácido cianhídrico, bromuro de metilo, disulfuro de carbono, cloropicrina, formaldehido, sulfuro de carbonilo, fosfina, gas sulfhídrico y tetracloruro de carbono. Para cada gas se requiere un tubo detector específico.

El detector contiene la cantidad precisa de los reactivos apropiados dentro de un tubo de vidrio de diámetro interior constante, sellado herméticamente por ambos

extremos. Para hacer la medición, se rompen los extremos del tubo detector y se conecta a la bomba muestreadora. Se procede entonces a jalar la manija de la bomba para tomar un volumen pre-determinado de la muestra de gas. El sistema de reactivos dentro del tubo detector reaccionará de inmediato con el gas a medir de la muestra, desarrollando una coloración específica dentro del tubo detector, a partir del extremo donde entra la muestra. La concentración del gas se muestra en el punto de cambio de color en el reactivo. El sistema proporciona una indicación cuantitativa de la concentración de gas, dependiendo de la longitud de coloración dentro del tubo detector.

La bomba muestreadora o Gas Tester está constituida por una pera aspiradora de goma, como se muestra en la Figura 5, calibrada con un volumen activo de 100 cm^3 y un cuerpo central de material plástico, que incorpora la pieza portatubos, válvula, contador giratorio manual con cifras luminiscentes y una pieza metálica para romper las puntas de los tubos. Se trata de un aparato muy simple y está formado por sólo 10 piezas fácilmente desmontables y reemplazables. En su construcción se utiliza únicamente plástico y goma que lo hace altamente resistente a la corrosión.

Se usarán los tubos colorimétricos y la bomba para determinar la concentración de los gases fumigantes al comienzo de la fumigación y también, al finalizar la experiencia. De ésta manera se podrá verificar la hermeticidad de las cámaras de fumigación, y además comprobar la mortalidad de la plaga expuesta a una concentración determinada de fumigante.

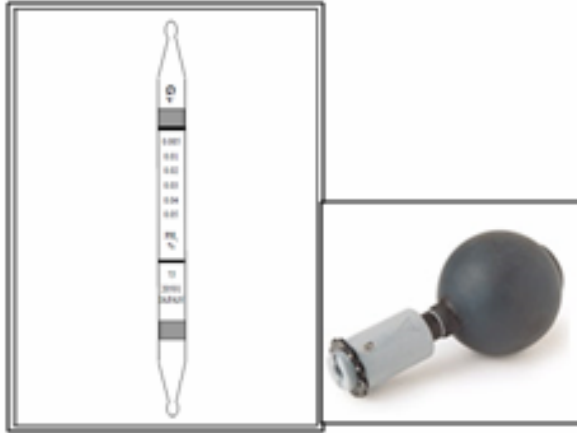


Figura 5. Tubo Colorimétrico y Bomba

▪ Detectores Electroquímicos

Uno de los sistemas más confiables para detectar fugas y monitorear instalaciones donde pudiera haber exposición de trabajadores u otras personas a gases tóxicos es el detector electrolítico de difusión de gas mostrado en la Figura 6. El equipo tiene un sensor con un sistema de electrodos y electrolito, específicamente diseñado para detectar el tipo de gas, dispuestos tras una membrana. El gas difunde a través de la membrana y reacciona con el electrolito, generando una señal que es proporcional linealmente a la concentración del gas en la atmósfera muestreada y la muestra en una pantalla digital o la transmite a un controlador distante. Algunos equipos disponen de una alarma óptica y sónica, que se enciende cuando el nivel de fosfina en la atmósfera muestreada rebasa ciertas concentraciones pre-establecidas o conectarse a una computadora para registrar los niveles detectados.

Se utilizaron estos detectores portátiles para detectar fugas de gas fumigante durante la fumigación y también para verificar que los niveles del fumigante permanezcan bajo el límite permisible una vez ventiladas las muestras en las cámara de fumigación.



Figura 6. Detector de Gas

▪ **Microscopio Compuesto**

Los ejemplares de *Brevipalpus* contenido en las hojas de ligustrina son analizados microscópicamente utilizando un microscopio similar al de la Figura 7, debido al tamaño ínfimo de estas arañas rojas.

Los microscopios se componen fundamentalmente de dos componentes ópticos, el objetivo y el ocular que http://www.pce-group-europe.com/espanol/index.php/cat/c1010_Microscopios.html van unidos a través del tubo, de un dispositivo de iluminación así como de una mesa del objeto y de un trípode para la sujeción de los componentes ópticos que forman los microscopios. El dispositivo de iluminación de los microscopios consiste por regla general en una lámpara microscópica incorporada a un trípode, que se puede ajustar al colector (lente o sistema de lente cerca de la lámpara) y colocar detrás del diafragma limitador del campo luminoso. El condensador de los microscopios es a menudo un complicado sistema de lentes o sistema de espejos, que reproduce el diafragma limitador del campo luminoso en la superficie del objeto. El objetivo de los microscopios es servir una imagen intermedia real ampliada del objeto con la que se puede observar de nuevo con el ocular de forma ampliada. Para observar el objeto con ambos oculares, el microscopio está equipado de dos oculares (microscopios binoculares). Con ese modo de iluminación se distinguen los microscopios de luz transmitida, que pasa a través de objetos muy delgados, transparentes, y los microscopios de luz reflejada para el análisis de la superficie de un cuerpo opaco.



Figura 7: Microscopio Sargent-Welch

6. Pruebas Preliminares

Se realizaron pruebas con Fosfina diluida, Gas Sulfhídrico puro y Anhídrido Sulfuroso puro para analizar el efecto acaricida de cada uno de estos reactivos frente a *Brevipalpus*. Además se realizaron algunas pruebas con dos de los tres reactivos descritos anteriormente pero al mismo tiempo, o sea, con mezclas de fumigantes.

Las pruebas se realizaron con altas concentraciones de gas, y además con períodos cortos de exposición, como son 24, 48 o 72 horas. Además, para cada prueba, se realizó un tratamiento testigo, y paralelamente se midió la temperatura a lo largo de todo el tratamiento (Anexo B).

6.1. Pruebas de Fumigación con Gas Sulhídrico

Tratamientos con H₂S (Anexo A, página 1):

Tratamiento N°	Concentración de H ₂ S (ppm)	Volumen necesario de H ₂ S (ml)	Volumen a extraer de H ₂ S (ml)
0 (Testigo)	0	0	0
1	500	30	31,5
2	1.000	60	63,0
3	1.500	90	94,5

Tabla 1. Parámetros de Tratamientos con Gas Sulhídrico

6.1.1. Prueba N° 1:

Tratamientos 0, 1, 2 y 3 de la Tabla 1 y con 24 horas de exposición.

Resultados:

Se contaron los individuos vivos y muertos en una hoja de ligustrina a días después de realizada la ventilación, como lo muestran las Tablas 2-6. El análisis se realizó periódicamente hasta que las hojas se secaron.

3 días después de la ventilación

Concentración H ₂ S (ppm)	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	% Vivos	% Muertos
0	97	22	81,5	18,5
500	62	28	68,9	31,1

1000	55	44	55,6	44,4
1500	0	103	0	100

Tabla 2. Primer Resultado Prueba 1 con Gas Sulfhídrico

6 días después de la ventilación

Concentración H ₂ S (ppm)	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	% Vivos	% Muertos
0	48	27	64,0	36,0
500	4	27	12,9	87,1
1000	60	27	69,0	31,0
1500	0	132	0	100

Tabla 3. Segundo Resultado Prueba 1 con Gas Sulfhídrico

10 días después de la ventilación

Concentración H ₂ S (ppm)	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	% Vivos	% Muertos
0	16	27	37,2	62,8
500	2	27	6,9	93,1
1000	2	67	2,9	97,1
1500	0	176	0	100

Tabla 4. Tercer Resultado Prueba 1 con Gas Sulfhídrico

13 días después de la ventilación

Concentración H ₂ S (ppm)	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	% Vivos	% Muertos
0	22	12	64,7	35,3
500	1	37	2,6	97,4
1000	1	79	1,3	98,7
1500	0	109	0	100

Tabla 5. Cuarto Resultado Prueba 1 con Gas Sulfhídrico

20 días después de la ventilación

Concentración H ₂ S (ppm)	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	% Vivos	% Muertos
0	0	16	0	100
1500	0	86	0	100

Tabla 6. Quinto Resultado Prueba 1 con Gas Sulfhídrico

6.1.2. Prueba N° 2:

Tratamientos 0 (Testigo) y 3 (1.500 ppm) de la Tabla 1 y con 24 horas de exposición (Repetición).

Resultados:

Conteo de los individuos mostrados en Tablas 7 y 8.

3 horas después de la ventilación

Tratamiento N°	N° Individuos	N° Individuos	Total	% Vivos	% Muertos
-------------------	------------------	------------------	-------	---------	-----------

	Vivos	Muertos			
0	109	5	114	95,6	4,4
3	0	118	118	0	100

Tabla 7. Primer Resultado Prueba 2 con Gas Sulfhídrico

5 días después de la ventilación

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	84	6	90	93,3	6,7
3	0	141	141	0	100

Tabla 8. Segundo Resultado Prueba 2 con Gas Sulfhídrico

6.1.3. Prueba N° 3:

Tratamientos 0 y 3 de la Tabla 1 y 24 horas de exposición (Repetición).

Resultados:

Conteo con la totalidad de las hojas de ligustrinas en el tratamiento, según Tabla 9.

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	701	357	1.058	66,3	6,7
3	1	1.944	1.945	0,05	99,5

Tabla 9. Resultados Prueba 3 con Gas Sulfhídrico

6.1.4. Prueba N° 4:

Tratamientos 0, 1, 2 y 3 a diferentes tiempos de exposición.

Resultados:

Conteo de individuos para todos los tratamientos, tal como se muestra en las Tablas 10-13.

a) Tratamiento 0: Testigo

Tiempo de Exposición (h)	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
24	1003	162	1165	86,1	13,9
48	825	180	1005	82,1	17,9
72	780	209	989	78,9	21,1

Tabla 10. Resultados Testigo Prueba 4 con Gas Sulhídrico

b) Tratamiento 1: 500 ppm H₂S

Tiempo de Exposición (h)	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
24	258	887	1.145	22,5	77,5
48	170	899	1.069	15,9	84,1
72	148	1.071	1.219	12,1	87,9

Tabla 11. Resultados Tratamiento 1 Prueba 4 con Gas Sulhídrico

c) Tratamiento 2: 1.000 ppm H₂S

Tiempo de Exposición (h)	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
24	706	492	1198	58,9	41,1
48	650	578	1228	52,9	47,1
72	837	215	1052	79,6	20,4

Tabla 12. Resultados Tratamiento 2 Prueba 4 con Gas Sulhídrico

d) Tratamiento 3: 1.500 ppm H₂S

Tiempo de Exposición (h)	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
24	3	1.728	1.731	0,2	99,8
48	0	1.646	1.646	0	100
72	0	1.438	1.438	0	100

Tabla 13. Resultados Tratamiento 3 Prueba 4 con Gas Sulhídrico

6.1.5. Prueba N° 5:

Tratamientos 0, 1, 2 y 3 con Kiwis no maduros y a 24 horas de exposición. Se pusieron alrededor de 10 kiwis en cada tambor de fumigación.

Resultados:

- Los kiwis después de ser fumigados y ventilados fueron puestos en la cámara de fumigación nuevamente por un período de 15 días.
- Posteriormente éstos fueron sacados de la cámara y se conservaron a Temperatura Ambiente en una bolsa plástica acompañados de una manzana para lograr una maduración más rápida y poder analizarlos prontamente.
- Cuando ya se encontraba por lo menos el Tratamiento Testigo maduro, fue posible analizarlos.
- Es posible observar que los kiwis sometidos a 1.500 ppm no presentan una correcta maduración, aun siguen firmes a diferencia de los otros.
- Se analizaron los kiwis correspondientes al Testigo y al Tratamiento con 1.500 ppm de H₂S. El análisis de ° Bx se muestra en la Tabla 14.

a) Grados Brix (° Bx):

Testigo (° Bx)	1.500 ppm (° Bx)
12,2	13,2
13,5	13,4
15,0	13,8
12,0	12,0
15,0	12,2
13,0	

Tabla 14. Resultados Análisis de Grados Brix a Kiwis

Promedio Testigo = 13,45 °Bx

Promedio Tratamiento = 12,92 °Bx

b) Test de sabor y olor:

Para esto se pidió las opiniones de 9 personas, mostradas en la Tabla 15, las cuales olieron y probaron kiwis fumigados y no fumigados con H₂S. Se pusieron a disposición 4 platos con kiwi, de donde 2 de ellos son fumigados y 2 no fumigados. Las personas entrevistadas no conocen cuáles están con tratamiento y cuáles están sin tratamiento.

Nombre	Observaciones
Gianni Stagnaro	No experimentó diferencias de olor y sabor, pero cree que existen 2 platos con frutas fumigadas, sin embargo sólo logró acertar uno de ellos.
Viviana Valderrama	En cuanto a olor coincide en que cada plato los kiwis son iguales, sin embargo al probarlos puede decir que los fumigados son más ricos de sabor.
Miguel Rogers	Dice que uno de los platos con kiwis fumigados se encuentra más maduro que el resto.
Claudio Parada	Acertó e identificó cuáles eran los kiwis sometidos a tratamiento y cuáles no, sin embargo encontró más ricos de olor y sabor los kiwis fumigados.

Tabla 15. Resultados Personas Entrevistadas Test Kiwis

Daniel Riquelme	El olor de los kiwis fumigados es un poco diferente pero no extraño ni malo. De sabor no experimenta diferencia.
Victoria Rivera	Los fumigados presentan sabor más dulce que los kiwis testigos. Uno de los platos con kiwis testigos se sienten

	desabridos.
Pedro Cortés	Todos los kiwis tienen olor normal, no hay diferencia entre ellos. El sabor de los kiwis testigos es normal, mientras que el de los kiwis fumigados es levemente más rico.
Francisco García	Los kiwis fumigados son muy aromáticos, en cambio los kiwis testigos no tienen mucho olor a kiwis. Los kiwis testigos se encuentran desabridos, mientras que los fumigados tienen mejor sabor.
Felipe Devilat	De olor y sabor se encuentran todos iguales, no presentan nada extraño. Los kiwis testigos tienen olor más intenso.

Tabla 15 Continuación. Resultados Personas Entrevistadas Test Kiwis

6.2. Pruebas de Fumigación con Fosfina y Gas Sulfhídrico

Tratamientos con H₂S y PH₃:

Tratamiento N°	[] de H ₂ S (ppm)	Volumen de H ₂ S (ml)	Volumen extraído de H ₂ S (ml)	[] de PH ₃ (ppm)	Volumen de PH ₃ (l)	ΔP PH ₃ (bar)
0 (Testigo)	0	0	0	0	0	0
1	500	30	31,5	1.500	4,5	1,65
2	1.000	60	63,0	1.000	3,0	1,10
3	1.500	90	94,5	1.500	4,5	1,65

Tabla 16. Parámetros Tratamientos con Fosfina y Gas Sulfhídrico

6.2.1. Prueba N° 6:

Se fumigaron hojas de ligustrinas aplicándole el Tratamiento 1 más el Testigo de la Tabla 16 para determinar la mortalidad de la plaga frente a ambos gases tóxicos. Estas pruebas fueron realizadas con un tiempo de exposición de 24 horas.

Resultados:

Conteo de individuos en Tabla 17 de los tratamientos mencionados anteriormente.

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	126	23	149	84,6	15,4
1	5	72	77	6,5	93,5

Tabla 17. Resultados Prueba 6 con Fosfina y Gas Sulfhídrico

6.2.2. Prueba N° 7:

Fosfina y Gas Sulfhídrico aumentando las concentraciones de éste último (Tratamientos 2 y 3 de Tabla 16), y manteniendo las 24 horas de exposición.

Resultados:

Conteo de individuos mostrados en Tabla 18.

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	90	6	96	93,8	6,2
2	42	97	139	30,1	69,9
3	12	83	95	12,6	87,4

Tabla 18. Resultados Prueba 7 con Fosfina y Gas Sulfhídrico

6.2.3. Prueba N° 8:

Fumigación con Fosfina y Gas Sulfhídrico aumentando los tiempos de exposición a 48 horas.

Resultados:

Conteo de individuos luego de ventilación se muestra en las Tablas 19 y 20.

3 horas después de la ventilación

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	75	24	99	75,8	24,2
2	12	85	97	12,4	87,6
3	0	422	422	0	100

Tabla 19. Primer Resultado Prueba 8 con Fosfina y Gas Sulfhídrico

3 días después de la ventilación

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	701	357	1058	66,3	33,7
2	287	815	1102	26,0	74,0
3	0	100	100	0	100

Tabla 20. Segundo Resultado Prueba 8 con Fosfina y Gas Sulfhídrico

6.3. Pruebas de Fumigación con Fosfina

Debido a que está comprobado que la mortalidad de *Brevipalpus* no se ve afectada en un 100% con concentraciones de PH₃ menores a 1.500 ppm, es necesario realizar pruebas a concentraciones muy altas de Fosfina, no estudiadas anteriormente.

Tratamientos con Fosfina (Anexo A, página 4):

Tratamiento N°	Concentración de Fosfina (ppm)	Volumen Fosfina (l)	ΔP Fosfina (bar)
0	0	0	0
1	2.500	7,5	2,75
2	5.000	15,0	5,50
3	7.500	22,5	8,25

Tabla 21. Parámetros Tratamientos con Fosfina

6.3.1. Prueba N° 9:

Altas concentraciones de Fosfina según Tabla 21, con 24 horas de exposición.

Resultados:

Conteo de individuos de este tratamiento se muestra en la Tabla 22.

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	324	91	415	78,1	21,9
1	61	155	216	28,2	71,8
2	258	175	433	59,6	40,4
3	109	91	200	54,5	45,5

Tabla 22. Resultados Prueba 9 con Fosfina

6.3.2. Prueba N° 10:

Altas concentraciones de Fosfina según Tabla 21, con 48 horas de exposición.

Resultados:

Conteo de individuos del tratamiento se muestra en la Tabla 23.

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	282	45	327	86,2	13,8
1	112	145	257	43,6	56,4
2	175	279	454	38,5	61,5
3	126	316	442	28,5	71,5

Tabla 23. Resultados Prueba 10 con Fosfina

6.3.3. Prueba N° 11:

Altas concentraciones de Fosfina según Tabla 21, con 72 horas de exposición.

Resultados:

Conteo de individuos del tratamiento se muestra en la Tabla 24.

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	315	72	387	81,4	18,6

1	78	162	240	32,5	67,5
2	16	336	352	4,5	95,5
3	36	237	273	13,2	86,8

Tabla 24. Resultados Prueba 11 con Fosfina

6.4. Pruebas de Fumigación con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso

El SO₂, al igual que la fosfina, son productos actualmente permitidos en fumigación. Éste último, es utilizado en el control de hongos en uva de mesa, por lo tanto está comprobado que no afecta de manera negativa la calidad de la fruta. Las siguientes pruebas de Fumigación tienen como objetivo verificar la mortalidad de *Brevipalpus* bajo la exposición de de estos dos reactivos en conjunto.

Tratamientos con SO₂ (Anexo A, página 6) y PH₃:

Tratamiento N°	[] PH ₃ (ppm)	Volumen PH ₃ (ml)	ΔP PH ₃ (bar)	[] SO ₂ (ppm)	Volumen SO ₂ (ml)
0	0	0	0	0	0
1	1500	4500	1,65	100	6,0
2	1500	4500	1,65	150	9,0

Tabla 25. Parámetros Tratamientos con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso

Los Resultados de las Pruebas 1, 2 y 3 se muestran en las Tablas 26, 27 y 28 respectivamente.

6.4.1. Prueba N°12:

Fosfina y Anhídrido Sulfuroso según Tabla 25, con 24 horas de exposición.

Resultados:

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	348	121	469	74,2	25,8
1	98	176	274	35,8	64,2
2	133	173	306	43,5	56,5

Tabla 26. Resultados Prueba 12 con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso

6.4.2. Prueba N° 13:

Fosfina y Anhídrido Sulfuroso (Tratamientos 0 y 1, según Tabla 25) con 48 horas de exposición.

Resultados:

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	365	39	404	90,3	9,7
1	149	81	230	64,8	35,2

Tabla 27. Resultados Prueba 13 con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso

6.4.3. Prueba N° 14:

Fosfina y Anhídrido Sulfuroso (Tratamientos 0 y 1, según Tabla 25) con 72 horas de exposición.

Resultados:

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	399	13	412	96,8	3,2
1	131	253	384	34,1	65,9

Tabla 28. Resultados Prueba 14 con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso

6.5. Discusiones

- Fumigación con Gas Sulfhídrico

La fumigación con H₂S no ha sido estudiada ¹², por lo que para determinar el comportamiento de la plaga frente a este gas fue necesario analizar las hojas fumigadas por un largo período para ver si finalmente los individuos muertos producto de la fumigación eran capaces de sobrevivir a los días después de haber sido ventilados, o la posibilidad de eclosión de sus huevos.

Dentro de los primeros días después de la ventilación se pudo apreciar que los tratamientos 1 y 2 mostraron comportamientos similares entre ellos, ya que los individuos se situaban sin movilidad en un solo sector de la hoja, pero al incentivarlos con una aguja, éstos se desplazaban sin problema a lo largo de la hoja. Por otro lado, el tratamiento 3, mostró desde el principio una inmovilidad de los individuos antes y después de incentivarlos con calor y aguja. Quedaron situados en un solo sector de la hoja y con el pasar de los días no hubo movilidad en ninguna hoja fumigada.

El conteo de los individuos sometidos a H₂S demostró que a 1.500 ppm la mortalidad de *Brevipalpus* es total, ya sea a 24, 48 o 72 horas. Sin embargo, las frutas sometidas a esta fumigación presentaron algunas características. Luego de su ventilación, el olor a gas sulfhídrico fue evidente en cada una de las frutas, luego de aproximadamente 10 días fue posible que el olor desapareciera. Además se pudo

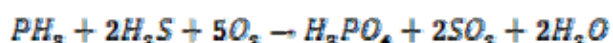
demostrar, que la fruta fumigada con gas sulfhídrico presentó una retardación en su maduración, lo que no es malo, pero sí es una alteración a la calidad de la fruta, y precisamente es lo que se quiere evitar con este tipo de fumigaciones. Además para este producto, no se tienen los límites permitidos de residuos en los alimentos ni la tolerancia de este producto.

- Fumigación con Fosfina/Gas Sulfhídrico

La idea de esta fumigación es rescatar el efecto tóxico del H₂S y aplicárselo a las propiedades de la Fosfina, es decir, no descartar la fumigación con Fosfina ya que está comprobado de que ésta no le hace ningún daño a la fruta, pero sí aumentar el efecto tóxico gracias al H₂S. Por esta razón, se hicieron pruebas con PH₃ y adicionalmente con H₂S, con la idea de atacar de manera total a la plaga.

Los resultados de estas pruebas nos demostraron que no fue posible eliminar la plaga en cuestión, ya que un alto porcentaje de Brevipalpus permanecieron vivos durante y después de la exposición. Sin embargo, lo que resulta extraño, es que utilizando la misma concentración de H₂S (1.500 ppm más PH₃) que en las pruebas anteriores, no fue posible matar a los individuos, lo que sí ocurrió cuando utilizamos el H₂S puro. Esto nos lleva a la conclusión de que de alguna manera la Fosfina es capaz de absorber el H₂S y bloquear su efecto tóxico en los individuos, quedando ellos expuesto solamente a la Fosfina, que en ninguno de estos casos mata la totalidad de los individuos.

Una explicación química de este hecho, está demostrado con la siguiente reacción:



Si utilizamos 1.500 ppm de PH₃ y 1.500 ppm de H₂S en un tambor de 60 litros tenemos:

$$\text{moles de Aire} = 2,68$$

$$\text{moles de } O_2 = 0,5628$$

$$\text{moles de } PH_3 = 0,0040$$

moles de $H_2S = 0,0040$

Reactivo Limitante = H_2S

Reactivos/moles	Iniciales	Reaccionan	Producen	Finales
PH_3	0,0040	0,0020	-----	0,0020
H_2S	0,0040	0,0040	-----	0
O_2	0,5628	0,0100	-----	0,5528
H_3PO_4	-----	-----	0,0020	0,0020
SO_2	-----	-----	0,0040	0,0040
H_2O	-----	-----	0,0040	0,0040

Tabla 29. Moles involucrados en Reacción de H_2S/PH_3

Si la reacción es completa, como en la Tabla 29, podemos ver que al finalizar ésta, se agota todo el H_2S y por lo tanto sólo queda en el estanque de fumigación la Fosfina mezclada con aire y algunos reactivos que son producto de esta mezcla con aire. De esta manera, los individuos quedan expuestos a la Fosfina, sobreviviendo a su toxicidad.

- Fumigación con Fosfina

La toxicidad de la Fosfina ha sido efectiva para algunos tipos de plagas a concentraciones de 1.500 ppm con períodos de exposición máximos de 72 horas. Para *Brevipalpus*, esta concentración no es efectiva, pero que pasa cuando aumentamos considerablemente la concentración. Lamentablemente al aumentar la concentración de fosfina manteniendo los tiempos de exposición, los resultados no son muy alentadores, los individuos se comportan de igual manera que si estuvieran expuestos a menos concentraciones, por lo que podemos afirmar que al aumentar la concentración de Fosfina en fumigación, la plaga *Brevipalpus* no se ve afectada, y por lo tanto nos queda aumentar los tiempos de exposición.

- Fumigación con Fosfina/Anhídrido Sulfuroso

Fue posible apreciar que los individuos sometidos a concentraciones de SO₂ junto con PH₃ presentan inmovilidad y deshidratación por unos momentos, pero luego de algunos incentivos, la mayoría de ellos pueden sobrevivir sin problemas. No hay grandes cambios en la mortalidad de la plaga con un pequeño aumento de concentración de SO₂.

7. Pruebas Finales

Las pruebas preliminares realizadas anteriormente demostraron que efectivamente el Gas Sulfhídrico es un fumigante efectivo en el control de *Brevipalpus*. Sin embargo, su influencia en el sabor, olor y calidad de la fruta no está demostrada ni estudiada aún, por lo que para aprobar su total efectividad es necesario recurrir a métodos sensoriales para analizar la fruta fumigada.

Por otro lado, la Fosfina y el Anhídrido Sulfuroso están totalmente aprobados en fumigación en el control de algunas plagas. Sin embargo, a tiempos de exposición normales de 24, 48 o 72 utilizando estos reactivos en ausencia de H_2S no es posible controlar de manera total y efectiva la plaga *Brevipalpus*. Es por esto, que se aplicarán estos mismos reactivos (PH_3 y SO_2) en pruebas de fumigación, pero alargando considerablemente los tiempos de exposición.

Para que estas pruebas se lleven a cabo de manera efectiva, es necesario diseñar una nueva cámara de fumigación con un sistema totalmente hermético que impida el escape de gases tóxicos en todo el transcurso de la fumigación.

7.1. Diseño Hermético Estanque de Fumigación

El nuevo estanque de fumigación consta del mismo tambor utilizado anteriormente, pero con un nuevo diseño en su parte superior. Corresponde a una tapa hecha de una plancha de acero de 1,1 cm de espesor y de 33,3 cm de diámetro. Adicionalmente a la tapa, existe un perfil cuadrado de 3x3 cm cuya función es empujar la tapa hacia la apertura del tambor con la ayuda de un perno, de manera de darle una mayor hermeticidad al estanque utilizado para pruebas de fumigación con gases tóxicos. El nuevo tambor de fumigación y su diseño se pueden visualizar en las Figuras 8 y 9.

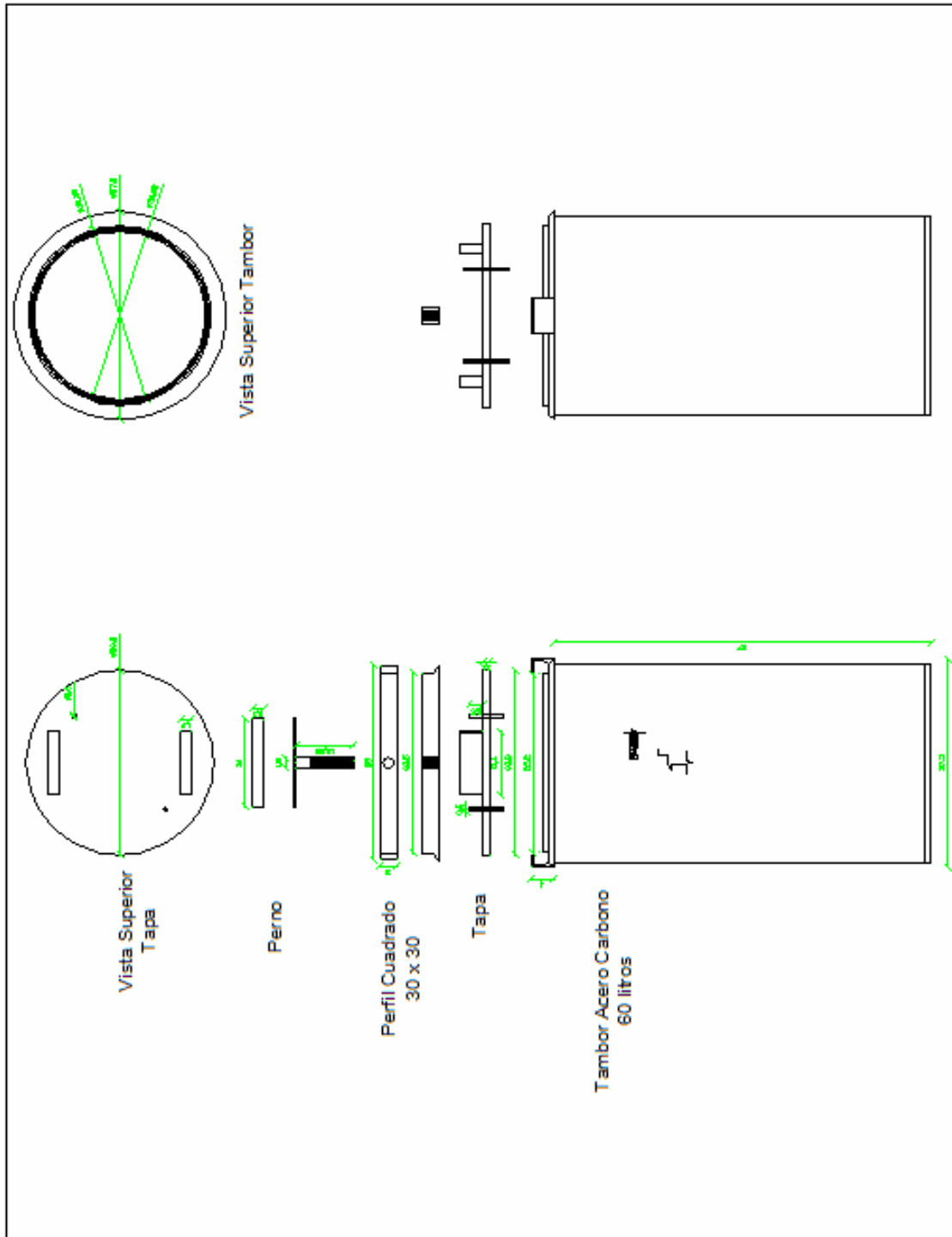


Figura 8. Diseño Estanque de Fumigación



Figura 9: Estanque Hermético para Fumigación

7.2. Pruebas de Fumigación con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso

Nuevamente fumigaciones con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso, como se muestra en la Tabla 30, pero con largo tiempo de exposición (10 días).

Tratamientos para Prueba N° 15 con SO₂ y PH₃:

Tratamiento N°	Concentración Fosfina (ppm)	Volumen Fosfina (ml)	ΔP Fosfina (bar)	Concentración SO ₂ (ppm)	Volumen SO ₂ (ml)
0	0	0	0	0	0
1	100	300	0,11	10	0,6

Tabla 30. Parámetros Tratamientos con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso

Resultados:

Conteo de individuos para este tratamiento se muestra en las Tablas 31 y 32.

17 horas después de la ventilación

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	266	37	303	87,8	12,2
1	0	346	346	0	100

Tabla 31. Primer Resultado Prueba 15 con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso

3 días después de la ventilación

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	76	57	133	57,1	42,9
1	0	318	318	0	100

Tabla 32. Segundo Resultado Prueba 15 con Fosfina y Anhídrido Sulfuroso

7.3. Pruebas de Fumigación con Fosfina

Fumigación con Fosfina a bajas concentraciones, como se muestra en la Tabla 33, y a largos períodos de exposición.

Tratamientos con Fosfina:

Tratamiento N°	Concentración Fosfina	Volumen Fosfina	ΔP Fosfina (bar)
-------------------	--------------------------	--------------------	-----------------------------

	(ppm)	(l)	
0	0	0	0
1	100	0,3	0,11
2	200	0,6	0,22
3	300	0,9	0,33

Tabla 33. Parámetros Tratamientos con Fosfina.

7.3.1. Prueba N° 16:

Tratamientos 0 y 1 de la Tabla 33, con 10 días de exposición.

Resultados:

Conteo de individuos después de la ventilación en Tablas 34 y 35.

2 horas después de la ventilación

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	360	263	623	57,8	42,2
1	0	605	605	0	100

Tabla 34. Primer Resultado Prueba 16 con Fosfina.

5 días después de la ventilación

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	174	131	305	57,0	43,0

1	80	440	520	15,4	84,6
---	----	-----	-----	------	------

Tabla 35. Segundo Resultado Prueba 16 con Fosfina.

7.3.2. Prueba N° 17:

Tratamientos 0 y 2 de la Tabla 33 con 10 días de exposición.

Resultados:

Conteo de Individuos después de la ventilación en Tablas 36-38.

2 horas después de la ventilación

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	202	80	282	71,6	28,4
2	0	354	354	0	100

Tabla 36. Primer Resultado Prueba 17 con Fosfina.

3 días después de la ventilación

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	105	94	199	52,8	47,2
2	3	239	242	1,2	98,8

Tabla 37. Segundo Resultado Prueba 17 con Fosfina.

5 días después de la ventilación

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	88	31	119	73,9	26,1
2	0	254	254	0	100

Tabla 38. Tercer Resultado Prueba 17 con Fosfina.

7.3.3. Prueba N° 18:

Tratamientos 0 y 3 de la Tabla 33, con 10 días de exposición.

Resultados:

Conteo de individuos después de la ventilación en Tablas 39 y 40.

2 horas después de la ventilación

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	153	47	200	76,5	23,5
3	0	333	333	0	100

Tabla 39. Primer Resultado Prueba 18 con Fosfina.

3 días después de la ventilación

Tratamiento N°	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
0	173	56	229	75,5	24,5

3	0	252	252	0	100
---	---	-----	-----	---	-----

Tabla 40. Segundo Resultado Prueba 18 con Fosfina.

7.3.4. Prueba N° 19:

Tratamiento 3 de la Tabla 33, con 10, 9, 8 y 7 días de exposición (Sin Testigo).

Resultados:

Conteo de individuos en estos tratamientos se muestran en las Tablas 41 y 42.

1 hora después de la ventilación

Tiempo de exposición (días)	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
10	0	104	104	0	100
9	0	78	78	0	100
8	0	162	162	0	100
7	0	29	29	0	100

Tabla 41. Primer Resultado Prueba 19 con Fosfina.

3 días después de la ventilación

Tiempo de exposición (días)	N° Individuos Vivos	N° Individuos Muertos	Total	% Vivos	% Muertos
10	0	540	540	0	100
9	0	407	407	0	100
8	1	392	393	0,3	99,7

7	1	309	310	0,3	99,7
---	---	-----	-----	-----	------

Tabla 42. Segundo Resultado Prueba 19 con Fosfina.

7.4. Discusiones

Cada prueba realizada en los estanques nuevos de fumigación fue controlada de manera de verificar la posible disminución de concentración en el tambor. Esto se llevó a cabo utilizando tubos colorimétricos de PH_3 , los cuales fueron utilizados en el momento de la inyección y en la ventilación de la fumigación, de tal manera de tomar la concentración exacta inyectada y compararla con la concentración final antes de ventilar para verificar la hermeticidad de la cámara demostrando una concentración constante durante todo el período de exposición.

Los resultados indicaron que las concentraciones inyectadas permanecieron constantes durante toda la exposición, demostrando así la eficiencia de las cámaras.

- Fumigación con SO_2 y PH_3

Se obtuvo buenos resultados con esta fumigación, fue posible atacar completamente la plaga con concentraciones bajas de Fosfina y SO_2 y con un tiempo de exposición de 10 días, por lo que es posible y efectivo aplicar esta técnica ya que Fosfina y SO_2 son sustancias certificadas en el control de plagas en frutas.

Los análisis de las hojas no se pueden realizar por más días después de la ventilación, debido a que poco tiempo después de ésta las hojas comienzan a caerse y además a deshidratarse, producto de los días fuera del árbol sin irrigación, por lo que sólo es posible analizar los individuos por un período máximo de 5 días.

- Fumigación con Fosfina

Los resultados a 100 ppm por 10 días de exposición parecían ser buenos luego de unas pocas horas después de la ventilación, los individuos permanecían inmóviles y no se observaba vida a lo largo de las hojas. Sin embargo, algunos días después de

la ventilación fue posible observar movilidad de algunos individuos sometidos a este tratamiento, alcanzando un porcentaje mayor al 15%, lo que nos obliga a desechar dicho tratamiento.

Se aumentó la concentración de Fosfina a 200 y 300 ppm manteniendo los días de exposición, y pudimos ver que aunque a 200 ppm se alcanza una mortalidad bien alta y aceptada, no es del 100%, de manera que es a 300 ppm donde podemos tener con mayor seguridad una mortalidad total de *Brevipalpus* y además una interacción nula del reactivo con las frutas.

Finalmente manteniendo una concentración de 300 ppm fue posible repetir la prueba de 10 días y adicionar otras pruebas a 9, 8 y 7 días. Los resultados a 9 días son similares al tratamiento de 10 días, por lo que obtenemos nuevamente un muy buen resultado. Sin embargo, a 8 y 7 días también se tiene un mortalidad muy alta, pero en este caso no del 100%.

8. Resultados y Discusión

Las pruebas experimentales realizadas anteriormente, ya sea con Fosfina, Gas Sulfhídrico o Anhídrido Sulfuroso, tienen como finalidad reemplazar las técnicas de

fumigación actuales con Bromuro de Metilo, por una alternativa eficiente, limpia y que ataque con efectividad la plaga cuarentenaria conocida como *Brevipalpus chilensis*.

Los resultados obtenidos a través de fumigación a plantas de ligustrina nos demuestran que es posible utilizar otros reactivos que permitan alcanzar una mortalidad total de la plaga, sin embargo, la idea de esta investigación, es además elegir la alternativa que más se acomode al mercado y que tenga mayor posibilidad de aplicación comercial.

Dentro de los resultados que se obtuvieron, podemos decir que los Tratamientos recomendados para atacar este tipo de plaga corresponden a los descritos en la Tabla 43.

Tratamiento N°	Productos Químicos	Concentración (ppm)	Tiempo de Exposición (días)
1	H ₂ S	1.500	1
2	PH ₃	300	10
3	PH ₃ /SO ₂	100/10	10

Tabla 43. Tratamientos Recomendados para *Brevipalpus*

Los tres tratamientos recomendados deben realizarse a una temperatura cercana a los 0° C.

Contando con estas tres alternativas de fumigación, es posible elegir el tratamiento que más se acomode a nuestros propósitos. En primer lugar, debemos tener en cuenta que el H₂S no es un producto que esté aprobado en fumigación para fruta fresca, por lo que no contar con los límites permisibles de residuos en la fruta, nos limita en lo que es su aplicación. Por otra parte, hay que tomar en cuenta las alteraciones en la maduración de las frutas tratadas, por lo que atenta en contra de su calidad.

La Fosfina y el Anhídrido Sulfuroso son productos químicos aprobados por el SAG para fumigación de fruta fresca, por lo que su aplicación en diferentes concentraciones y tiempos de exposición, no es un problema en su implementación. Sin embargo, y debido a que las pruebas experimentales demuestran que se obtienen resultados similares fumigando con Fosfina pura o en compañía de SO₂, elegiremos el Tratamiento N° 2 correspondiente a Fumigación con Fosfina pura.

Las pruebas con PH₃ a 300 ppm y 10 días de exposición en las cámaras herméticas adaptadas para realizar las pruebas, fueron realmente eficientes en el sentido de que la concentración que se inyectó, se mantuvo hasta finalizar la experiencia, midiéndose con la ayuda de tubos colorimétricos. Sin embargo, esto no ocurre siempre en las cámaras de fumigación que utilizan los frigoríficos, encontrándose una pérdida de concentración del 10% por día.

Por lo tanto, el comportamiento de la Fosfina a 300 ppm lo podemos visualizar en el Gráfico 1.

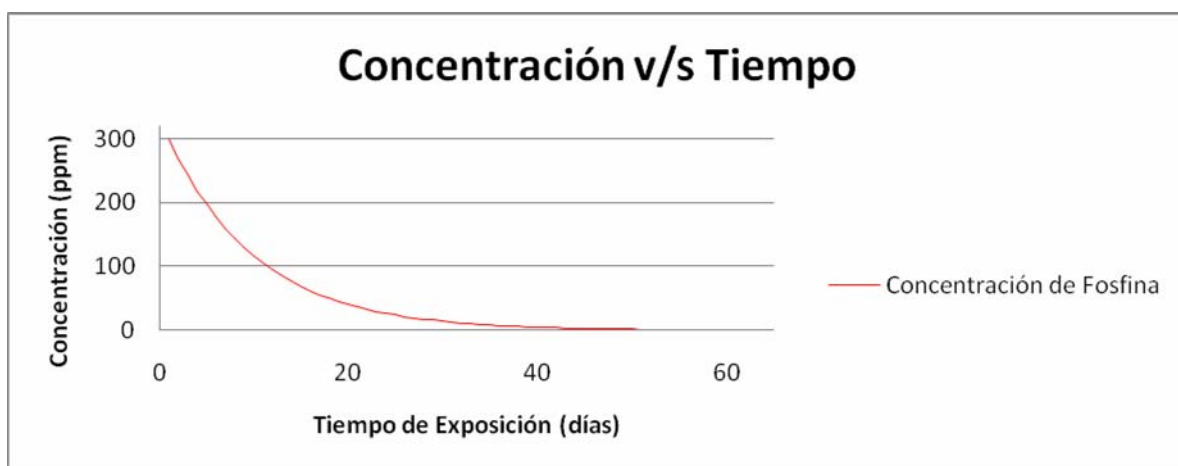


Gráfico 1. Comportamiento de la concentración de Fosfina en el tiempo

Si inyectamos 300 ppm de Fosfina, al cabo de 62 días la concentración del gas será de 0 ppm. Al cabo de 10 días, se encontrará en la cámara una concentración de 116 ppm.

Para lograr tener una concentración de 300 ppm al momento de la ventilación (10 días) es necesario inyectar una cantidad mayor. Esto se puede hacer inyectando de

una vez la cantidad necesaria para lograr los 300 ppm al momento de la ventilación, o también, las veces que sea necesario dentro de todo el período de la exposición.

Por ejemplo podemos hacer las inyecciones al principio, dos veces o día por medio, tal como se muestra a continuación.

- 1 Inyección (Día 1), según Tabla 44:

Día	Concentración (ppm)
1	774
2	697
3	627
4	564
5	508
6	457
7	411
8	370
9	333
10	300

Tabla 44. Inyección de Fosfina 1.

Se necesita inyectar en total 774 ppm de Fosfina.

- 2 Inyecciones (Día 1 y 6), según Tabla 45:

Día	Concentración (ppm)
1	457
2	407
3	357
4	307
5	257
6	457
7	411
8	370
9	333
10	300

Tabla 45. Inyección de Fosfina 2.

Se necesita inyectar en total 657 ppm de Fosfina.

- 5 Inyecciones (Día por medio), según Tabla 46:

Día	Concentración (ppm)
1	333
2	300
3	333
4	300
5	333
6	300
7	333
8	300
9	333
10	300

Tabla 46. Inyección de Fosfina 3.

Se necesita inyectar en total 466 ppm de Fosfina.

Estos comportamientos los podemos visualizar en el Gráfico 2 a continuación:

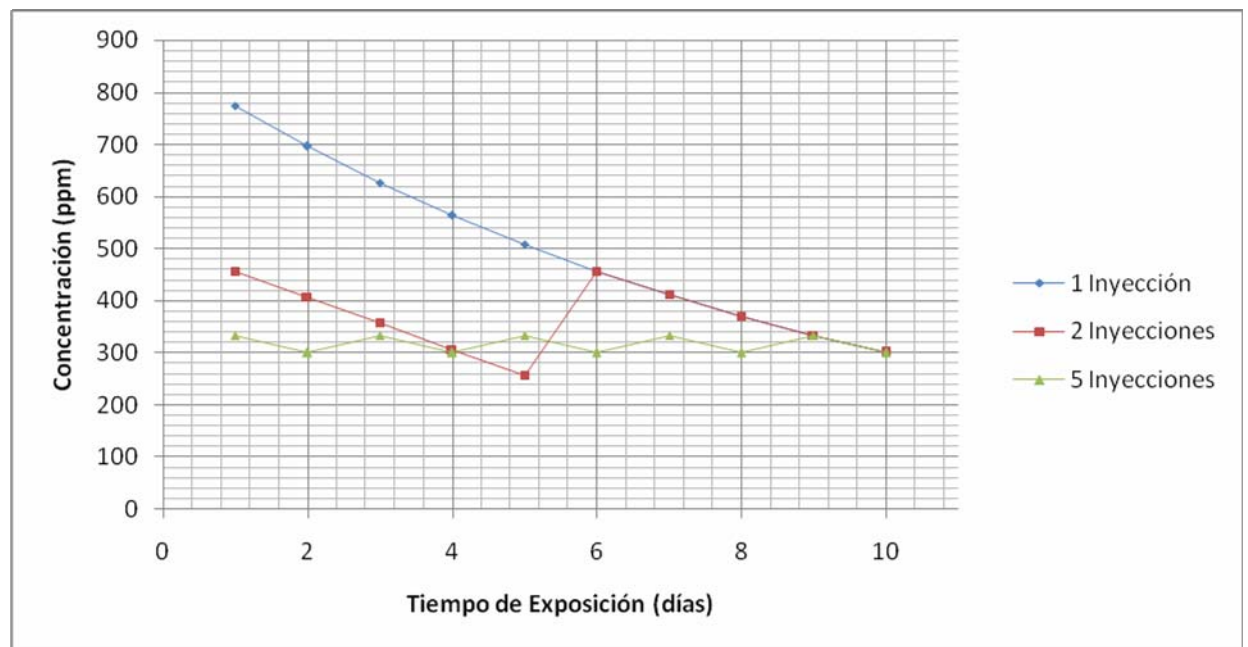


Gráfico 2. Curva Inyecciones de Fosfina

Área bajo la curva:

1 Inyección: 2370 días/ppm

2 Inyecciones: 892,9 días/ppm

5 Inyecciones: 166,5 días/ppm

Aplicado esto a una cámara de fumigación de 83 m³ podemos ver que la cantidad de Fosfina requerida según las inyecciones será la mostrada en la Tabla 47.

1 Inyección	64,242 litros
2 Inyecciones	54,531 litros
5 Inyecciones	38,678 litros

Tabla 47. Inyecciones y Volúmenes de Fosfina.

Considerando los costos de traslado para inyecciones y ventilaciones, podemos concluir que conviene mucho más realizar la fumigación con sólo una inyección, ya que el volumen adicional de Fosfina que se gasta no es considerable en el total de la Fumigación. Por otra parte, normalmente se utilizan dosificaciones muy superiores para los tratamientos tradicionales de fruta fresca con Fosfina, por lo que una inyección de 774 ppm no suena elevado.

9. Implementación Industrial

La fumigación con Fosfina utilizando equipos HDS fue implementada y patentada por Fosfoquim S.A., sin embargo los parámetros utilizados actualmente (1.500 ppm y 24 horas) permiten fumigar cerca del 2% del mercado de fruta nacional debido a que se excluye la fruta exportada a USA. Con el nuevo tratamiento (300 ppm y 10 días) es posible fumigar la totalidad de la fruta exportada, sin embargo, para lograr esta demanda es necesario contar con los datos en Kg totales de fruta que se exporta y además la capacidad de las cámaras existentes para tratamientos con Fosfina. En este capítulo se hará un análisis de la uva exportada a USA de manera de visualizar los requerimientos adicionales que se necesitan para poder implementar dicho tratamiento.

Las instalaciones aprobadas por el SAG (Anexo F, página 1), que utilizan el TK-gas (Fosfina) exclusivamente con el equipo HDS corresponden a 112 cámaras que alcanzan en total una capacidad de 39.367 m³ y se distribuyen en Zonas según la Tabla 48.

	N° Cámaras	Volumen Total (m³)
Zona Norte	9	2.516
Zona Centro	103	36.851
Total	112	39.367

Tabla 48. Capacidad Cámaras de Fosfina

Al implementar los tratamientos con Fosfina para *Brevipalpus* correspondientes a una concentración de 300 ppm y por un período de 10 días más la ventilación, se abarca un mercado mucho más grande que el actual, ya que se podría fumigar la fruta

exportada a USA, que hoy en día se fumiga al llegar al lugar de destino con tratamientos a base de Bromuro de Metilo (Anexo E, página 1).

Considerando sólo la exportación nacional de Uva a Estados Unidos (Anexo F, página 5), es posible tener un detalle de las cajas embaladas para fumigación y la capacidad necesaria de cámaras frigoríficas para cubrir esta demanda. La exportación nacional de uva para el año 2009, la podemos observar en la Tabla 49 y el Gráfico 3.

- **Demanda Nacional**

Exportación (Kg Neto) por Zonas:

Zona Norte: III y IV Región

Zona Centro: V a VIII y RM.

Meses	Zona Norte (Kg)	Zona Centro (Kg)
Enero	71.578.164,45	12.424.882,88
Febrero	35.989.859,56	75.278.941,86
Marzo	15.936.693,69	140.636.908,99
Abril	2.791.287,90	75.316.638,47
Mayo	34.636,80	4.407.176,39
Junio	0	653.212,80
Julio	0	55.104,00
Agosto	0	167.785,20
Septiembre	0	787,20
Octubre	0	0

Noviembre	0	345.256,00
Diciembre	31.201.809,10	943.513,80
TOTAL	157.532.451,50	310.230.207,59

Tabla 49. Exportación en Kilos Uva 2009 por Zonas

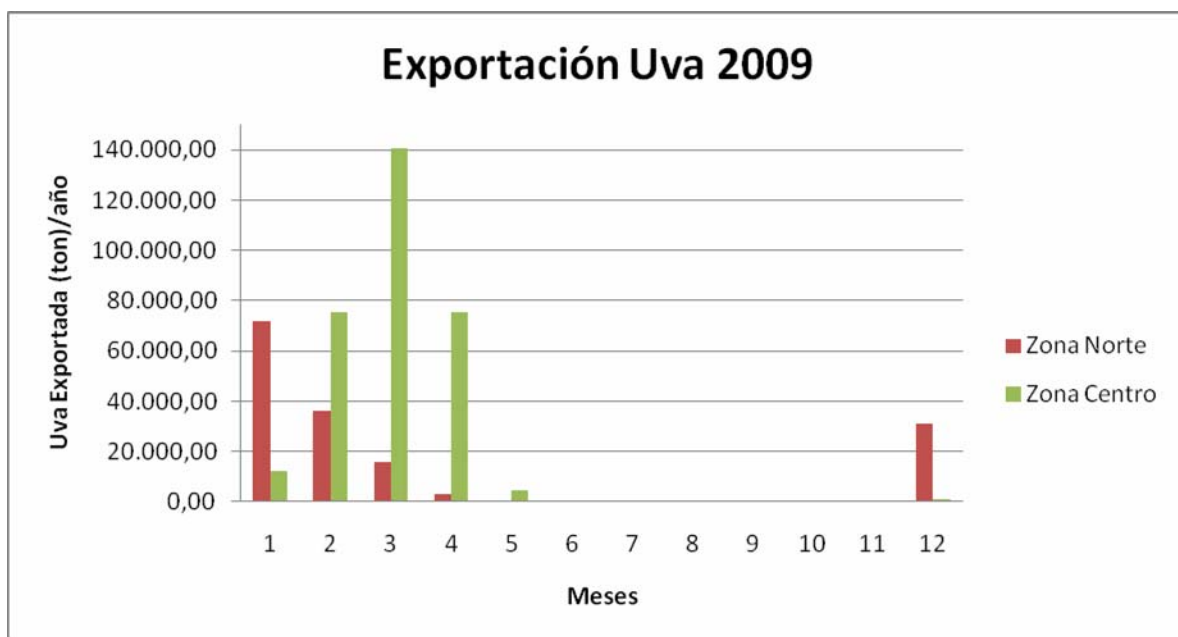


Gráfico 3. Exportación Uva 2009 por Zonas

Podemos apreciar que los peaks de Exportaciones de Uva se producen en el mes de Enero para la Zona Norte y en el mes de Marzo para la Zona Centro.

Consideraciones de Embalaje:

1 Caja = 8,2 Kg de Uva

1 Pallet = 100 cajas

1 Pallet = 820 Kg de Uva

Según lo anterior, la cantidad total embalada para todas las exportaciones mencionadas, se pueden visualizar en la Tabla 50.

	Kg Totales/año	N° Cajas/año	N° Pallet/año
Zona Norte	157.532.451,50	19.211.275	192.113
Zona Centro	310.230.207,59	37.832.952	378.330
Total	467.762.659,09	57.044.227	570.443

Tabla 50. Cantidad de Uva embalada Año 2009

▪ **Cámaras Necesarias para Fumigación con Fosfina**

Generalmente en un Contenedor Reefer (83 m³) se ponen 20 Pallet, pero el N° de Pallet varía de acuerdo al volumen de cada cámara. Haciendo un análisis gráfico del número de pallet instalados en algunas de las 112 cámaras en la Temporada 2009-2010 (Anexo F, página 6), obtenemos la siguiente relación válida para volúmenes mayor a 83 m³:

$$N^{\circ} \text{ Pallet} = 0,1354 \cdot \text{Volumen Cámara} + 2,7012$$

Para volúmenes más pequeños, la razón $\left[\frac{\text{Caja}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}} \right]$ corresponde a 14.

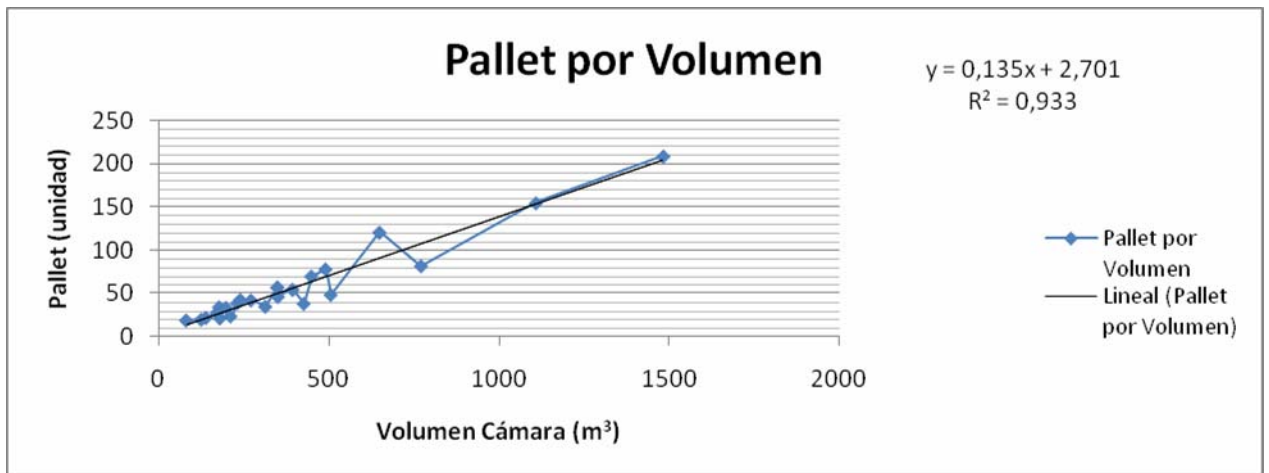


Gráfico 4. Relación Pallet/Volumen Cámara

Con la relación del Gráfico 4 y con los datos de la Tabla 50, podemos decir que para cubrir la demanda de uva exportada nacional es necesario contar con cámaras frigoríficas equivalentes a 4.213.001 m³ (57.044.227 Cajas).

Por lo tanto, para ciclos de fumigación de 10 días, podemos calcular que la cantidad de m³ o cámaras de fumigación adicionales para abarcar la totalidad de uva exportada es la mostrada en la Tabla 51.

MES	Zona Norte		Zona Centro	
	Cámaras Adicionales de 500 m ³	Cámaras Adicionales de 4000 m ³	Cámaras Adicionales de 500 m ³	Cámaras Adicionales de 4000 m ³
1	425	53	1	0
2	211	26	378	47
3	91	11	771	96
4	12	1	379	47
5	0	0	6	1
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	182	23	0	0

Tabla 51. Cámaras adicionales de Fosfina

(Ver Detalle Anexo F, página 8)

Para abarcar la totalidad del mercado nacional anual (Uvas), es necesario adicionar 1.196 cámaras frigoríficas de 500 m³ ó 149 cámaras frigoríficas de 4.000 m³.

▪ **Requerimientos Cámaras Frigoríficas para Fumigación con TK-gas**

- 1) Las instalaciones deben contar con un sistema de distribución de gas.
- 2) Cumplir con las exigencias mínimas de hermeticidad, tanto para los tratamientos como para garantizar la seguridad de las personas.
- 3) Se podrán usar túneles de fumigación con Bromuro de Metilo, cámaras de atmósfera controlada, túneles de pre-frío o cámaras convencionales dejadas en condiciones de atmósfera controlada.
- 4) Sistemas de medición de presión de la cámara (Manómetro “U” o equivalente).
- 5) Sistemas de compensación de presión (Trampa de agua, pulmón, válvula de alivio de presión, etc.) de acuerdo a las dimensiones de la cámara.
- 6) Sistema de puertas de cierre rápido y hermético.
- 7) Sistema de extracción de aire propio, permitiendo la ventilación total del recinto en no más de 1,5 horas. La chimenea del sistema de evacuación debe tener, al menos, una altura de 1 metro sobre la altura de la estructura más alta de la instalación.
- 8) Línea de corriente trifásica (380 Volt) con un enchufe marca LEGRAND con automático de 40 amperes, tanto para inyecciones y ventilaciones.
- 9) Línea de corriente monofásica (220 Volt) para el equipo de monitoreo.

10. Análisis de Pre-Factibilidad Económica

Como se demostró en el capítulo anterior, es necesario contar con una mayor capacidad de volumen, traducido en cámaras frigoríficas adaptadas para fumigación con Fosfina, con el fin de implementar los tratamientos para *Brevipalpus*. Sin embargo, del punto de vista de los clientes (Frigoríficos), es necesario evaluar la conveniencia del proyecto utilizando cámaras de mayor o de menor capacidad y compararlo con el Tratamiento con Bromuro de Metilo.

Adicionalmente a las cámaras, Fosfoquim necesita invertir en equipos HDS, Vehículos, Productos Químicos y Monitores utilizados en la fumigación con Fosfina para lograr cumplir con la demanda de los clientes.

10.1 Evaluación de Alternativas

La fumigación con Bromuro de Metilo presenta un costo más alto que la fumigación con Fosfina, sin embargo, no se necesita invertir en cámaras para llevar a cabo su

tratamiento. Por otro lado, independientemente de los costos en US\$ que significa uno u otro tratamiento, es realmente importante considerar el daño ambiental del Bromuro de Metilo y además su prohibición definitiva en un corto plazo.

Paralelamente al tratamiento con Bromuro de Metilo, se evaluará económicamente la conveniencia de fumigación con Fosfina en cámaras de 500 m³ y 4.000 m³.

Los Costos de Fumigación con Bromuro de metilo y Fosfina (Anexo F, página 11) se muestran en la Tabla 52, donde podemos apreciar que es mucho más conveniente invertir en cámaras de fumigación de mayor capacidad (4.000 m³), ya que la inversión es mucho menor y la capacidad en volumen es la misma; de manera que al invertir en 149 cámaras de 4.000 m³ en vez de invertir en 1.196 cámaras de 500 m³, se estaría ahorrando alrededor de mUS\$ 83.000.

Fumigación	Costo Anual Fumigación (mUS\$)	Inversión en Cámaras (mUS\$)
Bromuro de Metilo	14.261,06	0
Fosfina (500 m ³)	6103,73	177.779,92
Fosfina (4000 m ³)	6103,73	94.951,28

Tabla 52. Costos de Fumigación

Por otro lado, podemos analizar la conveniencia de los Tratamientos con Bromuro de Metilo y Fosfina (con cámaras de 4000 m³) a través de los métodos del Valor Presente (VP) y el Costo Capitalizado (CC), tal como se muestra en las Tablas 53 y 54 respectivamente.

Fumigación	VP 5 años (mUS\$)	VP 10 años (mUS\$)	VP 15 años (mUS\$)
Bromuro de Metilo	56.940,26	95.692,85	122.067,21

Fosfina (4000 m ³)	119.321,71	135.907,82	147.196,04
--------------------------------	------------	------------	------------

Tabla 53. Valor Presente de Alternativas de Fumigación

Fumigación	CC (mUS\$)
Bromuro de Metilo	178.263,21
Fosfina (4000 m ³)	171.247,93

Tabla 54. Costo Capitalizado de Alternativas de Fumigación

Si estas alternativas se contemplan por un período de años indefinido, sin duda vale la pena reemplazar el tratamiento con Bromuro de Metilo por el Tratamiento con Fosfina. Por el contrario, si una de estas alternativas se requiere para un período definido o menor a 15 años, el tratamiento con Fosfina no logra ser tentativo.

Una manera de mejorar estos resultados es contar con las cámaras disponibles de mantenimiento en frío de los frigoríficos y adaptarlas para fumigación con Fosfina, en vez de invertir en la construcción de cámaras adicionales.

Si sabemos que la capacidad de cámaras adaptadas para Fosfina en la actualidad (39.367 m³) corresponde al 1,5% de la capacidad total de frío, entonces la totalidad de cámaras en el país corresponde a una capacidad de alrededor de 2.624.467 m³, por lo que si adaptamos el 10% de las cámaras de frío no adaptadas aún y el resto lo invertimos en la construcción de cámaras lograríamos una inversión menor correspondiente a mUS\$56.042,22.

Mejor aún, si adaptamos la totalidad de las cámaras disponibles en frío de la Zona Norte, la capacidad necesaria de cámaras de la Zona Centro y además invertimos en las cámaras adicionales que necesitamos en la Zona Norte (12 cámaras), lograríamos una inversión menor correspondiente a mUS\$11.244,29 (Anexo F, página 14).

	Bromuro de Metilo	Fosfina (Adaptación del 10% de las	Fosfina (Adaptación del 100% de las
--	-------------------	--	---

		cámaras)	cámaras requeridas)
VP (5 años)	56.940,26	80.412,65	35.614,73
VP (10 años)	95.692,85	96.998,76	52.200,83
VP (15 años)	122.067,21	108.286,98	63.489,06
CC	178.263,21	132.338,87	87.540,95

Tabla 55. Evaluación con Cámaras Adaptadas

Finalmente, para minimizar los costos de inversión de los tratamientos con Fosfina, como se muestra en la Tabla 55, es absolutamente válido adaptar las cámaras de frío ya existentes y de esta manera invertir en un menor número de cámaras adicionales para realizar los tratamientos.

10.2 Evaluación Económica Fosfoquim

Considerando los datos y resultados del Anexo F, página 15 se obtiene Flujo de Caja en US\$ de la Tabla 56 para el Proyecto de Fumigación con Fosfina a 300 ppm y por un período de 10 días, considerando una tasa anual del 8%.

Año		0	1	2	3
INGRESOS					
Ingresos por Fumigación	+		6.103.732,26	6.103.732,26	6.103.732,26
EGRESOS					
Reactivos (Fosfina)	-		1.187.899,95	1.187.899,95	1.187.899,95
Reactivos (Nitrógeno)	-		45,29	45,29	45,29
Mano de Obra (Fumigadores)	-		928.680,00	928.680,00	928.680,00
Transporte (Bencina y	-		561.707,76	561.707,76	561.707,76

Peajes)					
Mantenión Vehículos	-		139.746,36	139.746,36	139.746,36
Mantenión HDS	-		36.000,00	36.000,00	36.000,00
Gastos Administrativos (25%)	-		951.359,79	951.359,79	951.359,79
Utilidad Operacional	=	0	2.298.293,11	2.298.293,11	2.298.293,11
Depreciación	-		808.263,59	808.263,59	808.263,59
Venta Activo	+				1.804.800,00
Ingresos Gravables	=	0	1.490.029,52	1.490.029,52	3.294.829,52
Impuesto (17%)	-	0	253.305,02	253.305,02	560.121,02
Utilidad Neta	=	0	1.236.724,50	1.236.724,50	2.734.708,50
Depreciación	+		808.263,59	808.263,59	808.263,59
Inversión					
HDS	-	960.000,00			
Vehículos y Carros	-	1.108.627,02			
Monitores	-	2.820.354,73			2.820.354,73
F.C.N	=	-4.888.981,75	2.044.988,09	2.044.988,09	722.617,36

Tabla 56. Flujo de Caja Neto Proyecto a 10 años

Año		4	5	6	7
INGRESOS					
Ingresos por Fumigación	+	6.103.732,26	6.103.732,26	6.103.732,26	6.103.732,26
EGRESOS					
Reactivos (Fosfina)	-	1.187.899,95	1.187.899,95	1.187.899,95	1.187.899,95
Reactivos (Nitrógeno)	-	45,29	45,29	45,29	45,29
Mano de Obra (Fumigadores)	-	928.680,00	928.680,00	928.680,00	928.680,00

Transporte (Bencina y Peajes)	-	561.707,76	561.707,76	561.707,76	561.707,76
Mantenión Vehículos	-	139.746,36	139.746,36	139.746,36	139.746,36
Mantenión HDS	-	36.000,00	36.000,00	36.000,00	36.000,00
Gastos Administrativos (25%)	-	951.359,79	951.359,79	951.359,79	951.359,79
Utilidad Operacional	=	2.298.293,11	2.298.293,11	2.298.293,11	2.298.293,11
Depreciación	-	808.263,59	808.263,59	808.263,59	808.263,59
Venta Activo	+		847.309,54	1.804.800,00	
Ingresos Gravables	=	1.490.029,52	2.337.339,06	3.294.829,52	1.490.029,52
Impuesto (17%)	-	253.305,02	397.347,64	560.121,02	253.305,02
Utilidad Neta	=	1.236.724,50	1.939.991,42	2.734.708,50	1.236.724,50
Depreciación	+	808.263,59	808.263,59	808.263,59	808.263,59
Inversión					
HDS	-		960.000,00		
Vehículos y Carros	-		1.108.627,02		
Monitores	-			2.820.354,73	
F.C.N	=	2.044.988,09	679.627,99	722.617,36	2.044.988,09

Tabla 56 Continuación. Flujo de Caja Neto Proyecto a 10 años

Año		8	9	10
INGRESOS				
Ingresos por Fumigación	+	6.103.732,26	6.103.732,26	6.103.732,26
EGRESOS				
Reactivos (Fosfina)	-	1.187.899,95	1.187.899,95	1.187.899,95
Reactivos (Nitrógeno)	-	45,29	45,29	45,29

Mano de Obra (Fumigadores)	-	928.680,00	928.680,00	928.680,00
Transporte (Bencina y Peajes)	-	561.707,76	561.707,76	561.707,76
Mantenimiento Vehículos	-	139.746,36	139.746,36	139.746,36
Mantenimiento HDS	-	36.000,00	36.000,00	36.000,00
Gastos Administrativos (25%)	-	951.359,79	951.359,79	951.359,79
Utilidad Operacional	=	2.298.293,11	2.298.293,11	2.298.293,11
Depreciación	-	808.263,59	808.263,59	808.263,59
Venta Activo	+		1.804.800,00	847.309,54
Ingresos Gravables	=	1.490.029,52	3.294.829,52	2.337.339,06
Impuesto (17%)	-	253.305,02	560.121,02	397.347,64
Utilidad Neta	=	1.236.724,50	2.734.708,50	1.939.991,42
Depreciación	+	808.263,59	808.263,59	808.263,59
Inversión				
HDS	-			
Vehículos y Carros	-			
Monitores	-		2.820.354,73	
F.C.N	=	2.044.988,09	722.617,36	2.748.255,01

Tabla 56 Continuación. Flujo de Caja Neto Proyecto a 10 años

VAN	5.684.989,32
TIR	31%

Tabla 57. Evaluación Proyecto Fumigación

Finalmente, ofrecer los servicios de tratamiento de Fumigación con Fosfina aumentando los tiempos de exposición y bajando la concentración a 300 ppm para

atacar la plaga *Brevipalpus*, es altamente factible tanto técnica como económicamente. El análisis del Flujo de Caja nos arroja un Valor Actual positivo y además una Tasa Interna de Retorno bastante buena, como se muestra en la Tabla 57, por lo que vale la pena implementar el proyecto de fumigación, aún cuando los costos de modificación y/o construcción de cámaras frigoríficas lo asumen los clientes.

10.3. Análisis de Sensibilidad Fosfoquim

Actualmente Fosfoquim fumiga cerca del 2% de la fruta que sería posible fumigar con el nuevo tratamiento con Fosfina. Para esta demanda del 2%, es necesario contar con menos trabajadores, menos insumos y menos equipos, teniéndose de igual manera una buena rentabilidad. Sin embargo, invertir en el nuevo tratamiento con Fosfina equivale, como se vio en el punto anterior, a invertir en una cantidad adicional de insumos, vehículos, equipos, etc., por lo que si no se fumigara en un año la cantidad normal de fruta, debido a algún problema climático en donde no fuera posible cosechar las cajas esperadas de fruta, la rentabilidad del proyecto podría sufrir algunos cambios.

10.3.1. Disminución del 20%

Si a partir del segundo año de iniciado el proyecto, la cantidad de uva fumigada o exportada disminuye un 20% y además los costos variables (productos químicos, transporte y mantención de vehículos y equipos HDS) también disminuyen (Anexo F, página 20), podemos observar de la Tabla 58 que el proyecto aún sigue siendo rentable alcanzando un TIR de 22%.

VAN	3.181.007,51
TIR	22%

Tabla 58. Evaluación Proyecto Fumigación con disminución de Ingresos del 20%.

10.3.2. Disminución del 50%

Si en el peor de los casos, las fumigaciones de fruta desde el segundo año en adelante se ven afectadas disminuyendo los ingresos por fumigación en un 50% (Anexo F, página 23), podemos decir que los costos también disminuirían proporcionalmente. En este caso, si realizamos la evaluación económica del proyecto, y obtenemos los indicadores correspondientes expresados en la Tabla 59, podemos ver que el proyecto a estas condiciones ya no resulta ser atractivo, pues el TIR es menos que la TMAR (8%) y el VAN resulta ser negativo.

VAN	-1.148.922,45
TIR	1%

Tabla 59. Evaluación Proyecto Fumigación con disminución de Ingresos del 50%.

En los gráficos 5 y 6 podemos visualizar de una mejor manera lo que ocurre con el proyecto cuando disminuyen los ingresos de fumigación debido a una menor exportación de fruta o al abarcar menos capacidad de cámaras frigoríficas para fumigación.

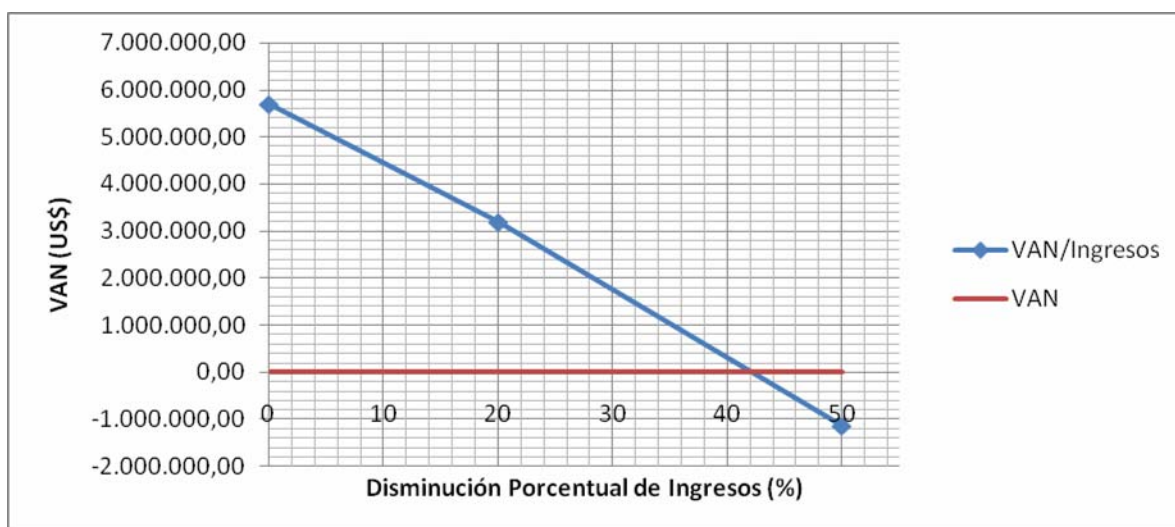


Gráfico 5. Sensibilidad Proyecto de Fumigación expresada con el VAN.

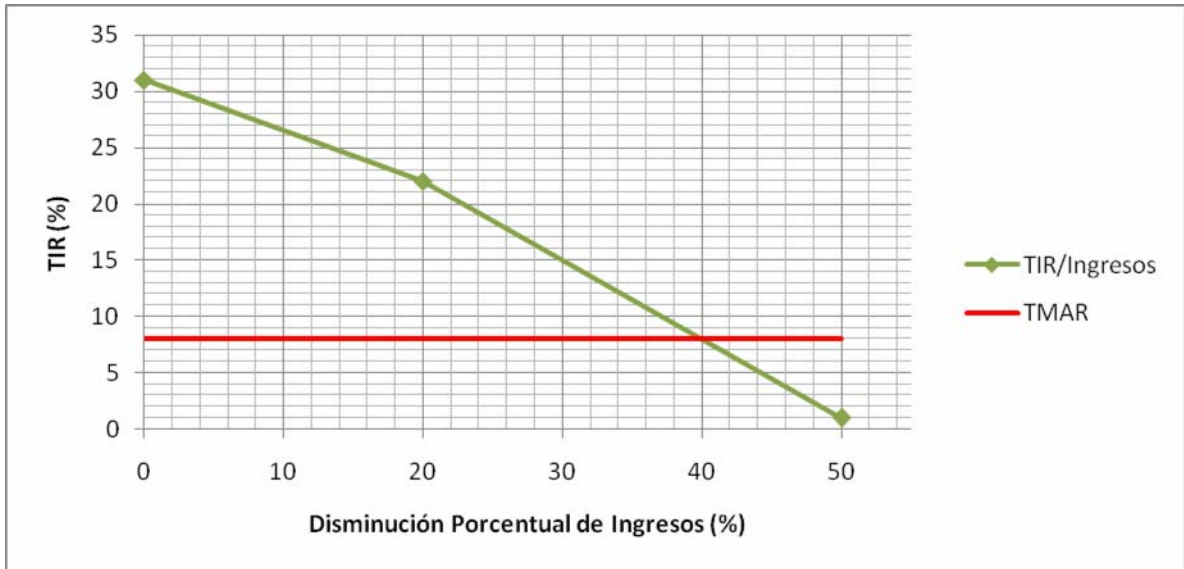


Gráfico 6. Sensibilidad Proyecto de Fumigación expresada con el TIR.

En conclusión, podemos ver que el proyecto resultó ser atractivamente rentable, según el punto anterior, sin embargo, al disminuir las capacidades de fumigación por déficit de fruta, podemos apreciar que obviamente hay una disminución en nuestros indicadores. Es recomendable el proyecto siempre y cuando las disminuciones de fumigación no superen el 40% de lo esperado, de manera de asegurar un VAN positivo a lo largo de la vida útil del proyecto.

11. Impacto Ambiental

El Impacto Ambiental de los tratamientos de fumigación con Fosfina se puede dividir en 3 partes:

- Contaminación Ambiental
- Condiciones Ambientales en los lugares de Trabajo
- Límites de Residuos en especies frutales

Actualmente, no existe legislación alguna que prohíba o controle las emisiones o prácticas con Fosfina en la atmósfera. Esto ocurre, debido a que no existen estudios que indiquen que la Fosfina produzca una severa contaminación al ambiente, ya que permanece sólo 18 horas en la atmósfera y además al estar en contacto con Oxígeno, luz solar y la humedad del aire, se descompone en Acido Fosfórico, no provocando ningún daño a los seres vivos. Además de esto, no contribuye al calentamiento global, ni al deterioro de la capa de ozono.

Con respecto a las Condiciones Ambientales en los lugares de Trabajo donde se utiliza Fosfina, se aplica el Decreto N° 594 correspondiente al Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. La fumigación con Fosfina, se apega principalmente al TITULO IV del decreto, especialmente los Artículos 59-66, donde además se establecen los límites permisibles de los contaminantes químicos, los cuáles se podrán exceder momentáneamente, pero en ningún caso superar cinco veces su valor. Tanto los excesos de los límites permisibles ponderados, como la exposición a límites permisibles temporales, no podrán repetirse más de cuatro veces en la jornada diaria, ni más de una vez en una hora.¹³

Los límites permisibles ponderados y temporales para las concentraciones ambientales de la Fosfina son los siguientes:

Sustancia	Límite Permisible Ponderado		Límite Permisible Temporal	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Hidrógeno Fosforado	0,24	0,34	1	1,4

Tabla 60. Límites Permisibles de Fosfina

- a) Límite Permisible Ponderado (LPP):** Valor máximo permitido para el promedio ponderado de las concentraciones ambientales de contaminantes químicos existente en los lugares de trabajo durante la jornada de 8 horas diaria, con un total de 48 horas semanales.
- b) Límite Permisible Temporal (LPT):** Valor máximo permitido para el promedio ponderado de las concentraciones ambientales de contaminantes químicos en los lugares de trabajo, medidas en un período de 15 minutos continuos dentro de la jornada de trabajo. Este límite no podrá ser excedido en ningún momento de la jornada.
- c) Límite Permisible Absoluto:** Valor máximo permitido para las concentraciones ambientales de contaminantes químicos medida en cualquier momento de la jornada de trabajo.

Para el caso de residuos de Fosfina en especies frutales, existe un estudio realizado por la Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF) para la validación del uso del gas como alternativa a la utilización del bromuro de metilo, en donde, de acuerdo a la evaluación a especies frutales (kiwis, uvas, manzanas, peras, duraznos, etc.), se puede comprobar que la disipación de fosfina luego de fumigar es relativamente rápida. En todas las especies evaluadas, a las 72 horas de ventilación, el nivel de

detección de fosfina fue inferior a 10 ppb (límite de cuantificación) fumigadas por 48 horas a 1.000 y 1.500 ppm.¹⁴

Tolerancias Internacionales:

EPA: 10 ppb, en citrón, pomelos, limas, naranjas, tangelos, tangerinas, paltos, bananas, mangos, papayas, caquis y tomates.

Nueva Zelanda: según los Estándares para Alimentos 2004, el límite máximo de residuos para fosfina en todos los alimentos, excepto granos y cereales, es de 10 ppb.

Australia LMR: en una serie de frutas y vegetales, fijándolos en el límite de cuantificación (10 ppb).

España: LMR en frutas frescas, desecadas o sin cocer y congelados es de 10 ppb.

CODEX ALIMENTARIO no ha establecido una ADI (Ingesta diaria de alimentos) para fosfina, ésta ha fijado tolerancias de 100 ppb para cereales y 10 ppb para fruta y vegetales secos.

Finalmente, no se tienen estudios de residuos de fosfina a concentraciones menores que 1000 ppm y con tiempos de fumigación de 10 días, sin embargo, este tratamiento no debiera afectar la calidad de la fruta y el límite de residuos, ya que aunque se aumentan los días de fumigación, la concentración del gas disminuye, y por lo tanto los residuos deberían ser altos en un principio, pero luego de las 72 horas de ventilación, éstas cantidades deberían bajar relativamente rápido hasta alcanzar residuos inferiores a 10 ppb, como se concluyó en el estudio para tratamientos de 1.000 y 1.500 ppm por 48 horas de fumigación.

12. Conclusiones

Las pruebas experimentales realizadas para atacar la plaga *Brevipalpus chilensis* utilizando Gas Sulfhídrico, Fosfina y Anhídrido Sulfuroso y mezclas entre ellos, determinaron que es posible atacar a la plaga con estos gases.

Fumigaciones con H₂S demostraron que los individuos mueren a altas concentraciones del gas (1.500 ppm) y a pocos días de exposición (24 horas), de manera que su tratamiento puede ser factible. Sin embargo, se desconocen las alteraciones que se puedan presentar en la fruta y los límites de tolerancia del producto en alimentos, de manera que no resulta ser el mejor de los casos.

La Fosfina y el SO₂ aprobados como fumigantes resultan ser tóxicos para *Brevipalpus* pero solo a períodos largos de exposición (10 días), ya que para períodos más cortos la fumigación no logra ser 100% efectiva. Es por esto, que los tratamientos llevados a cabo para analizar la mortalidad de *Brevipalpus* determinaron que la Fosfina a bajas concentraciones y largos períodos de exposición es la mejor alternativa para combatir esta plaga cuarentenaria. Sus propiedades hacen que tenga un control efectivo en la plaga, en las frutas fumigadas y además sea un producto que no presente problemas que ataquen al medio ambiente, por lo que podemos concluir que es posible reemplazar los tratamientos con Bromuro de Metilo por Fosfina a 300 ppm y 10 días de exposición.

Con este tratamiento se hace posible abarcar el mercado nacional de Uva exportada a USA (467.762.659,09 Kg) utilizando tratamientos con Fosfina en las cámaras frigoríficas adaptadas para Fosfina en Chile. Sin embargo, se requiere construir cámaras frigoríficas o adaptar las cámaras existentes para suplir esta demanda de

fumigación, por lo que la mejor alternativa en estos casos es invertir en la construcción de 12 cámaras de 4.000 m³ y en la adaptación de las cámaras de frío ya existentes correspondientes a 550.556,34 m³, cuya inversión final por parte de los clientes corresponde a mUS\$11.244,29.

Haciendo una evaluación del proyecto, resulta factible económicamente implementar la fumigación con Fosfina tanto para los exportadores como para Fosfoquim, ya que los precios de la fumigación con Fosfina son mucho más bajos que con Bromuro de Metilo, y además las concentraciones recomendadas para los tratamientos con Fosfina en este caso, también requieren menos producto químico que los tratamientos actuales. Los indicadores económicos para el proyecto de fumigación propuesto corresponden a US\$5.684.989,32 para el VAN, y un TIR de 31%. Sin embargo, el proyecto no se mantiene siempre rentable en el caso de que las exportaciones de fruta disminuyan y por lo tanto los requerimientos de fumigación sean menores, de manera que sólo es razonable disminuir los ingresos por fumigación máximo en un 40% para lograr que el proyecto aún sea atractivo.

Reemplazar los tratamientos con Bromuro de Metilo, por Tratamientos con Fosfina es sin duda, una alternativa válida desde el punto de vista ambiental, técnico y económico. Finalmente, se puede mencionar que existen plagas similares (ácaros) en otros países, lo cual permitiría aplicar dicha metodología con Fosfina en el control de estos ácaros en lugares fuera de Chile, ampliando considerablemente el mercado de la fumigación con Fosfina propuesto por nuestro país.

13. Bibliografía

- 1) Zaviezo T, Palma F. 2001. Alternativas de Manejo de Falsa Arañita de la Vid en Viñedos Orgánicos. Agronomía y Forestal UC Revista 12. Pontificia Universidad Católica, Departamento de Fruticultura y Enología. Santiago, Chile.
- 2) Obenauf G. 2004. Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. Orlando, Florida, USA.
- 3) Manual del Protocolo de Montreal Relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono 2006. Séptima Edición. Secretaría del Ozono, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Kenya.
- 4) Horn F, Horn P. 2008. Avances en Fumigación de Fruta Fresca Poscosecha usando Fosfina Pura en Cilindros con el Horn Diluphos System. Informe Fosfoquim S.A, Padre Hurtado, Chile.
- 5) Horn F, Horn P, Tumaming J. 2003. Studies and Commercial Application of VAPORPH₃OS Phosphine Fumigant for Desinfestation of Exported Fruits and Vegetables in South America. Stored Grain in Australia, Canberra, Australia.
- 6) Liu Y. 2004. Low Temperature Phosphine Fumigation for Postharvest pest control on fresh vegetables. Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. California, USA.
- 7) Brash D, Klementz D, Wimalaratne C. 2004. Phosphine Treatment of Apples for Desinfestation-Residues and Efficacy against pests. Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions 2005. San Diego, California, USA.

- 8) Horn J. 2004. Control de la Falsa Arañita de la Vid (*Brevipalpus Chilensis*) con Altas Concentraciones de Fosfina. Chile. Disponible en: <http://www.fosfoquim.cl/2008/admin/02.Documentos/file/2mayo2005.pdf.pdf> (9 Abril 2010)
- 9) López E, Parra B. 2005. Evaluación del Control del Acaro *Brevipalpus Chilensis* Baker con Fosfina. Artículo de Investigación, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Departamento de Entomología. Quillota, Chile.
- 10) Evans L. 1966. The Toxicity of Hydrogen Sulphide and other Sulphides. The Chemical Defence Experimental Establishment. England.
- 11) Thompson R, Kats G, Lennox R. 1979. Effects of Fumigating crops with Hydrogen Sulfide or Sulfur Dioxide. California, USA. Disponible en: <http://ucce.ucdavis.edu/files/repositoryfiles/ca3303p9-62618.pdf> (20 Abril 2010).
- 12) Thompson R, Kats G. 2002. Effects of Continuous H₂S Fumigation on Crop and Forest Plants. Environmental Science & Technology. California, USA.
- 13) Gobierno de Chile, Ministerio de Salud, Dpto. Asesoría Jurídica. 1999. Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Santiago, Chile.
- 14) FSF. 2008. Validación para el uso del gas fosfina en especies frutales como alternativa a la utilización del bromuro de metilo. Santiago, Chile.
- 15) Treatment Schedule 2010, USA, PPQ. Disponible en: www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/ports/downloads/treatment_pdf/05_02_t100schedules.pdf (9 de Abril 2010)
- 16) Remer, Chai. 1990. Design Cost Factors for Scaling-up Engineering Equipment. Chemical Engineering Process, p. 77.

ANEXOS

ANEXO A

Cálculos Fumigación

A-1 Gas Sulhídrico (H₂S)

1. Preparación de Soluciones

a) Sulhidrato de Sodio (NaSH)

Se dispone de una solución de NaSH al 43%, y necesitamos obtener una solución al 10%. Según la siguiente reacción:

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

Y considerando análogo para masa, tenemos que para 1 Kg de solución, necesitamos:

$$\text{Masa de NaSH necesaria} = \frac{1000 \cdot 10}{43} = 232,6 \text{ g}$$

b) Acido Sulfúrico (H₂SO₄)

Se dispone de una solución de H₂SO₄ al 98%, y necesitamos obtener una solución al 10%. Para 500 gramos de solución, necesitamos:

$$\text{Masa de H}_2\text{SO}_4 \text{ necesaria} = \frac{500 \cdot 10}{98} = 51 \text{ g}$$

2. Cálculo Volumen de Gas para Fumigación

$$\text{ppm} = \left[\frac{\text{Volumen Gas (l)}}{\text{Volumen Aire (l)}} \right] \cdot 10^6$$

$$\text{Volumen Gas (ml)} = \frac{\text{ppm} \cdot \text{Volumen Aire (l)}}{10^3}$$

▪ 500 ppm:

$$\text{Volumen H}_2\text{S} = \frac{500 \cdot 60}{10^3} = 30 \text{ ml}$$

- 1000 ppm:

$$\text{Volumen } H_2S = \frac{1000 \cdot 60}{10^3} = 60 \text{ ml}$$

- 1500 ppm:

$$\text{Volumen } H_2S = \frac{1500 \cdot 60}{10^3} = 90 \text{ ml}$$

3. Corrección Volumen Gas Sulhídrico

Para determinar la cantidad real del gas que es posible extraer con la jeringa, es necesario calcular las presiones parciales tanto del gas como del vapor de agua que se encuentra en la mezcla gaseosa.

$$P_{atm} = P_{agua} + P_{H_2S}$$

Presión de vapor Agua (25° C) = 23,756 mmHg = 0,031 atm (*Manual del Ingeniero Químico Perry, Volumen I*)

Presión Atmosférica Santiago de Chile (26 Abril 2010) = 1014,9 mb = 1,0016 atm

$$\Delta P_{H_2S} = 1,0016 - 0,031 = 0,971 \text{ [atm]}$$

Si sacamos 50 ml del gas:

$$0,971 \cdot 0,05 = n_{H_2S} \cdot 0,082 \cdot 298,15$$

$$n = 0,0020 \text{ moles de } H_2S$$

$$0,031 \cdot 0,05 = n_{H_2O} \cdot 0,082 \cdot 298,15$$

$$n = 0,000063 \text{ moles de } H_2O$$

moles totales = 0,002063

• Fracciones molares: 0,969 H₂S y 0,031 H₂O

• Porcentajes Molares: 96,9% H₂S y 3,1% H₂O

Para un volumen de 50 ml de gas hay realmente:

$$\bullet H_2S = 50 \cdot 0,968 = 48,45 \text{ ml}$$

$$\bullet H_2O = 50 \cdot 0,032 = 1,55 \text{ ml}$$

• Por lo tanto para la extracción de gas, sacaremos un exceso del 5% para evitar que el volumen de gas real extraído sea menor que el necesario.

Finalmente:

Concentración (ppm)	Volumen (ml)
500	31,5
1000	63,0
1500	94,5

4. Generación de H₂S

El volumen necesario de H₂S para una ronda de pruebas de fumigación es:

$$V_{Total} = 31,5 + 63,0 + 94,5 = 189 \text{ ml}$$

Aproximamos este volumen a 200 ml para determinar la cantidad necesaria de H₂SO₄ al 10% para generar dicho volumen de H₂S.

Según la Ecuación de Gases Ideales a condiciones normales de Presión y Temperatura, tenemos:

$$\text{moles } H_2S = \frac{0,2}{22,4} = 0,009$$

Moles de NaHS presentes en el bidón:

$$\% P/p = \frac{\text{masa de soluto (g)}}{\text{masa de disolución (g)}} \cdot 100$$

$$\text{masa de soluto} = 0,1 \cdot 1000 = 100 \text{ g}$$

$$\text{Peso Molecular (NaHS)} = 56 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\text{moles NaHS} = \frac{100}{56} = 1,786$$

La Reacción de producción del H₂S es:



Asumiendo una reacción completa y al H₂SO₄ como reactivo limitante nos queda:

NaHS	H₂SO₄	H₂S	Na₂SO₄	
Moles iniciales	1,786	0,0045		
Moles que reaccionan	0,009	0,0045		
Moles que se producen	-----	----	0,009	0,0045
Moles finales	1,777	0	0,009	0,0045

Necesitamos 0,0045 moles de H₂SO₄ para producir el volumen deseado de gas.

$$\text{Masa necesaria de } H_2SO_4 = 0,0045 \cdot 98 = 0,441 \text{ g}$$

Densidad H₂SO₄ al 10% = 1,0640 g/ml (*Manual del Ingeniero Químico Perry, Volumen I*)

$$\text{Volumen necesario de } H_2SO_4 \text{ 10\%} = \frac{0,441}{1,0640} = 0,414 \text{ ml}$$

Es necesario sólo 1 ml de H₂SO₄ al 10% para generar la reacción.

A-2 Fosfina (PH₃)

1. Cálculo Volumen de Fosfina al 2% para Fumigación

- 100 ppm:

$$\text{Volumen PH}_3 = \frac{100 \cdot 60}{10^3 \cdot 0,02} = 300 \text{ ml}$$

- 200 ppm:

$$\text{Volumen PH}_3 = \frac{200 \cdot 60}{10^3 \cdot 0,02} = 600 \text{ ml}$$

- 300 ppm:

$$\text{Volumen PH}_3 = \frac{300 \cdot 60}{10^3 \cdot 0,02} = 900 \text{ ml}$$

- 1000 ppm:

$$\text{Volumen PH}_3 = \frac{1000 \cdot 60}{10^3 \cdot 0,02} = 3000 \text{ ml}$$

- 1500 ppm:

$$\text{Volumen PH}_3 = \frac{1500 \cdot 60}{10^3 \cdot 0,02} = 4500 \text{ ml}$$

- 2500 ppm:

$$\text{Volumen PH}_3 = \frac{2500 \cdot 60}{10^3 \cdot 0,02} = 7500 \text{ ml}$$

- 5000 ppm:

$$\text{Volumen PH}_3 = \frac{5000 \cdot 60}{10^3 \cdot 0,02} = 15000 \text{ ml}$$

- 7500 ppm:

$$\text{Volumen } PH_3 = \frac{7500 \cdot 60}{10^6 \cdot 0,02} = 22500 \text{ ml}$$

2. Cálculo Presión Fosfina al 2%

La dosificación de Fosfina al 2% al tambor de fumigación se realizó mediante una bala dosificadora con un volumen conocido de 2,726 l y a un ΔP de 1 bar.

Por lo tanto, los ΔP para las respectivas concentraciones de Fosfina al 2% son:

$$\Delta P(\text{bar}) = \frac{V}{2,726}$$

- 100 ppm:

$$\Delta P = \frac{0,3}{2,726} = 0,11 \text{ bar}$$

- 200 ppm:

$$\Delta P = \frac{0,6}{2,726} = 0,22 \text{ bar}$$

- 300 ppm:

$$\Delta P = \frac{0,9}{2,726} = 0,33 \text{ bar}$$

- 1000 ppm:

$$\Delta P = \frac{3}{2,726} = 1,1 \text{ bar}$$

- 1500 ppm:

$$\Delta P = \frac{4,5}{2,726} = 1,65 \text{ bar}$$

- 2500 ppm:

$$\Delta P = \frac{7,5}{2,726} = 2,75 \text{ bar}$$

- 5000 ppm:

$$\Delta P = \frac{15}{2,726} = 5,5 \text{ bar}$$

- 7500 ppm:

$$\Delta P = \frac{22,5}{2,726} = 8,25 \text{ bar}$$

A-3 Anhídrido Sulfuroso (SO₂)

1. Cálculo Volumen Anhídrido Sulfuroso

- 10 ppm:

$$\text{Volumen } SO_2 = \frac{10 \cdot 60}{10^3} = 0,6 \text{ ml}$$

- 100 ppm:

$$\text{Volumen } SO_2 = \frac{100 \cdot 60}{10^3} = 6 \text{ ml}$$

- 150 ppm:

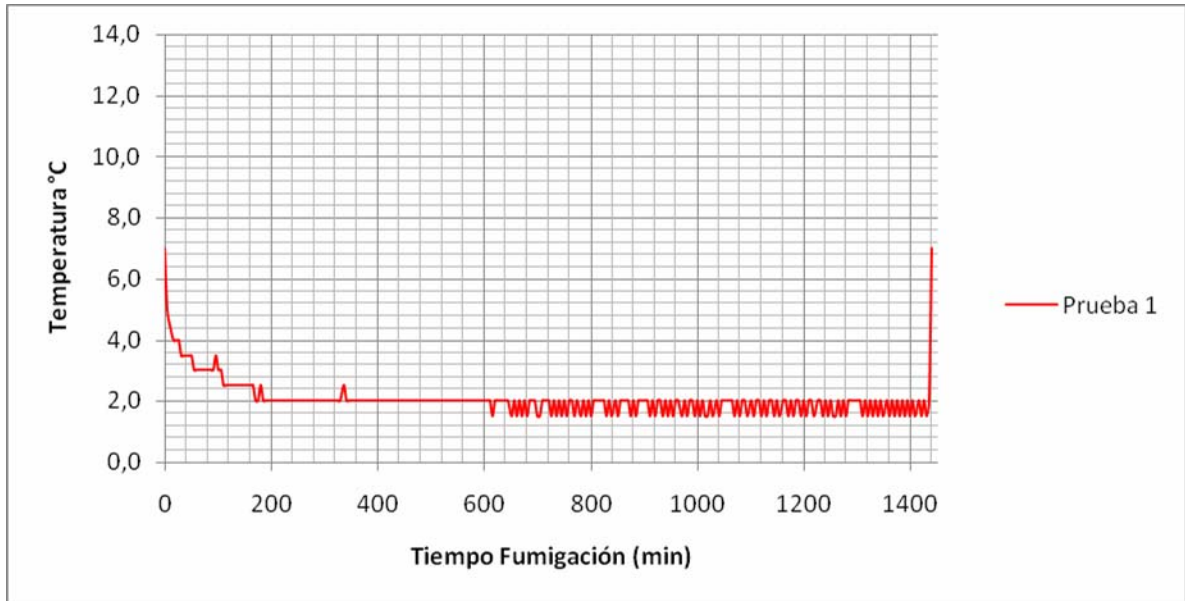
$$\text{Volumen } SO_2 = \frac{150 \cdot 60}{10^3} = 9 \text{ ml}$$

ANEXO B

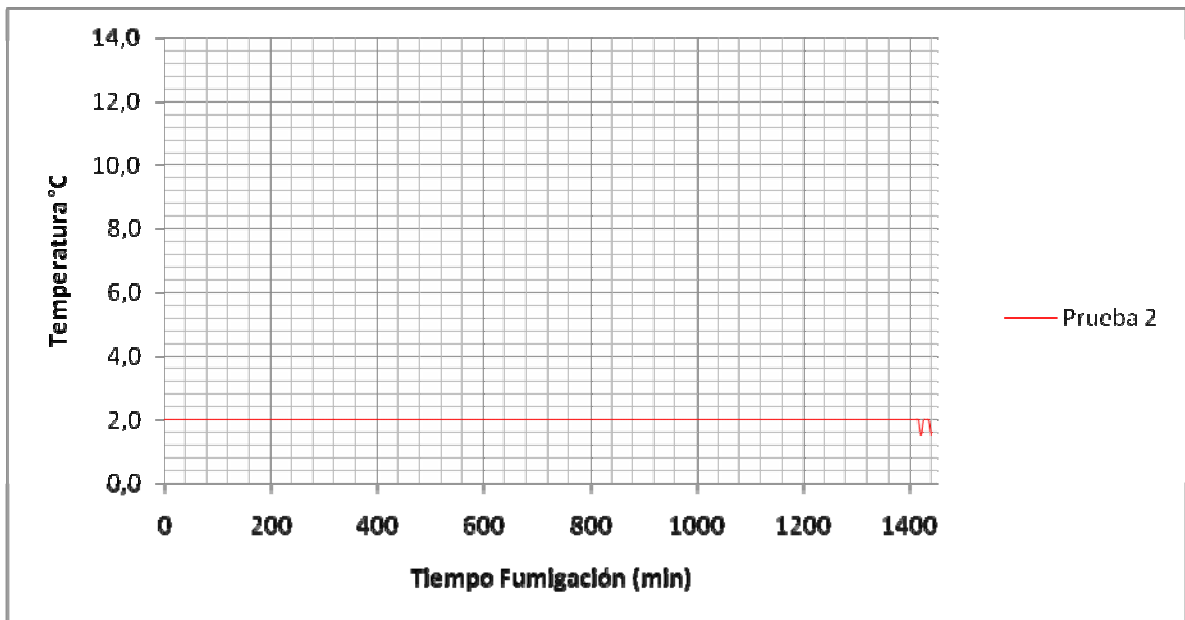
Control de Temperatura en Fumigación

B-1 Pruebas Preliminares

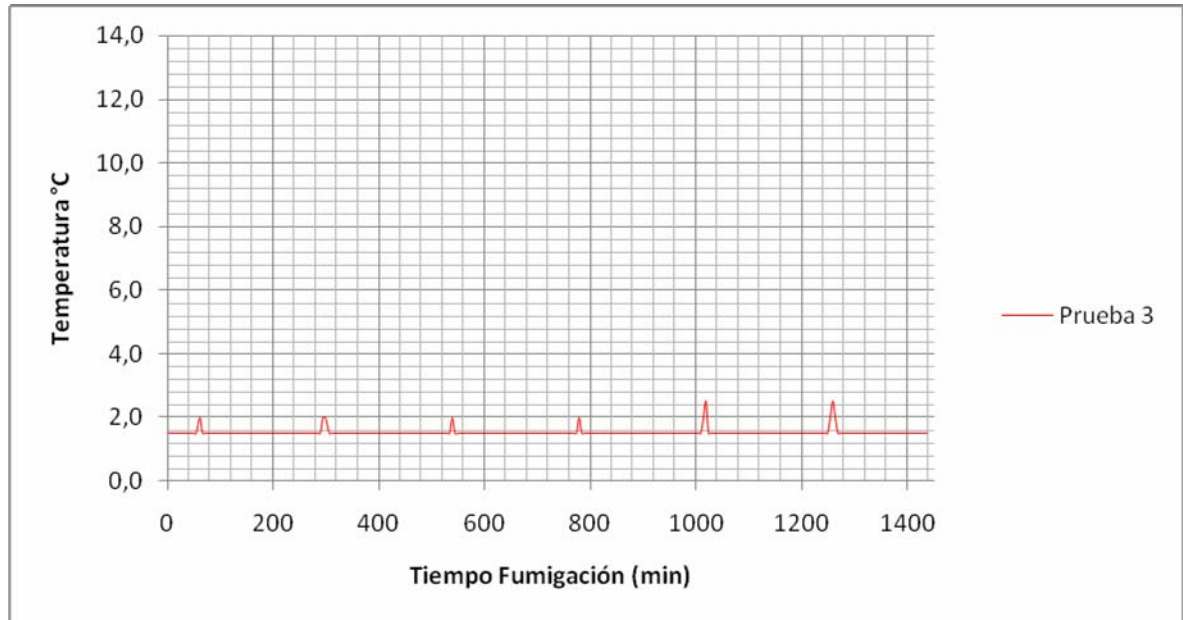
1. Prueba 6.1.1: Fumigación con H₂S y 24 horas.



2. Prueba 6.1.2: Fumigación con H₂S y 24 horas.

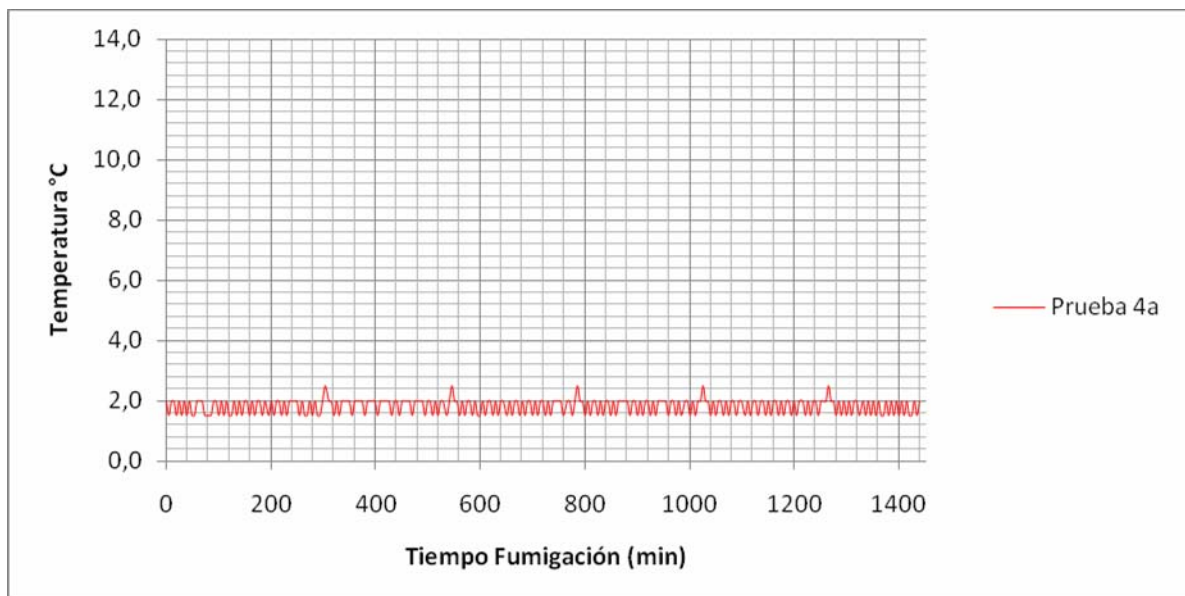


3. Prueba 6.1.3: Fumigación con H₂S y 24 horas.

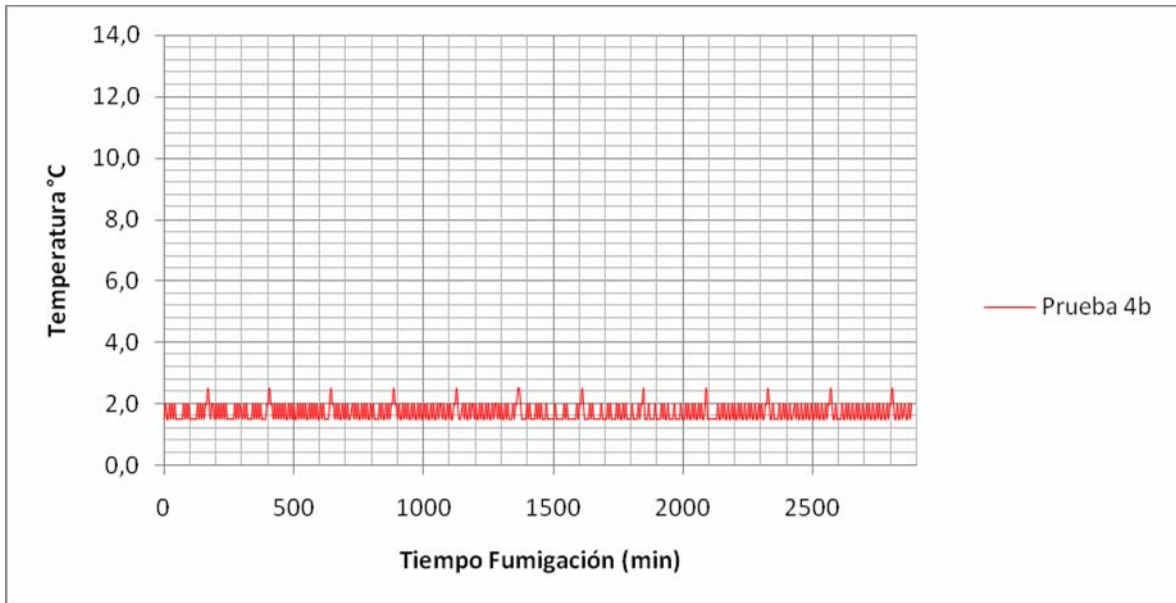


4. Prueba 6.1.4: Fumigación con H₂S

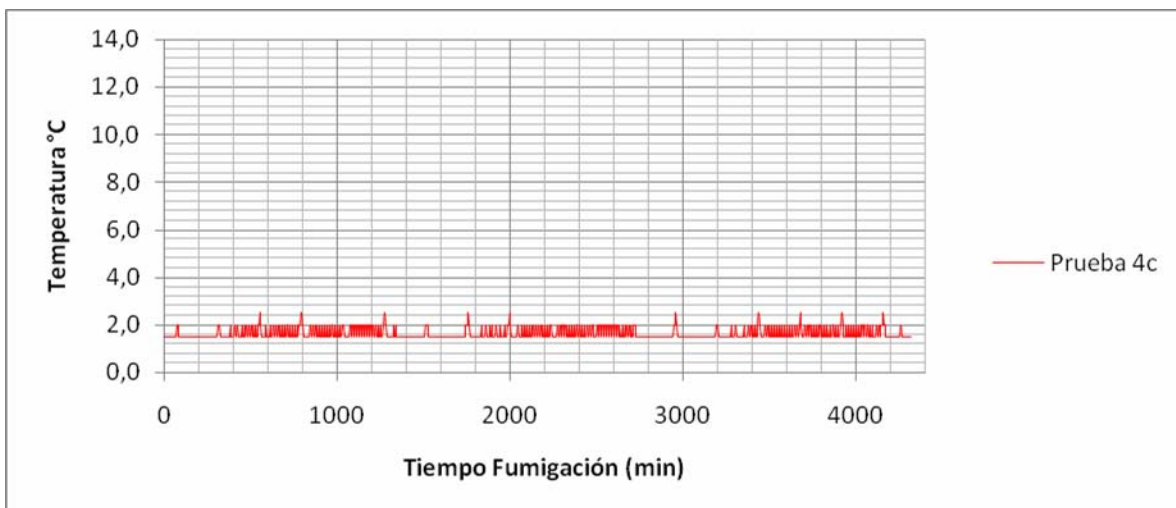
- 24 horas



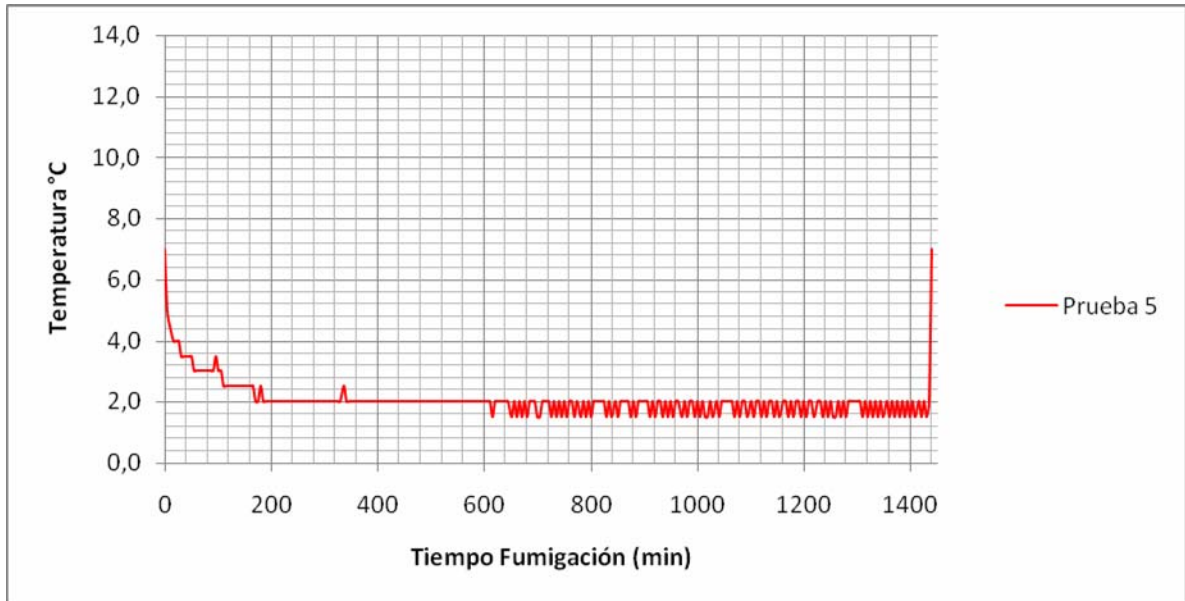
▪ **48 horas**



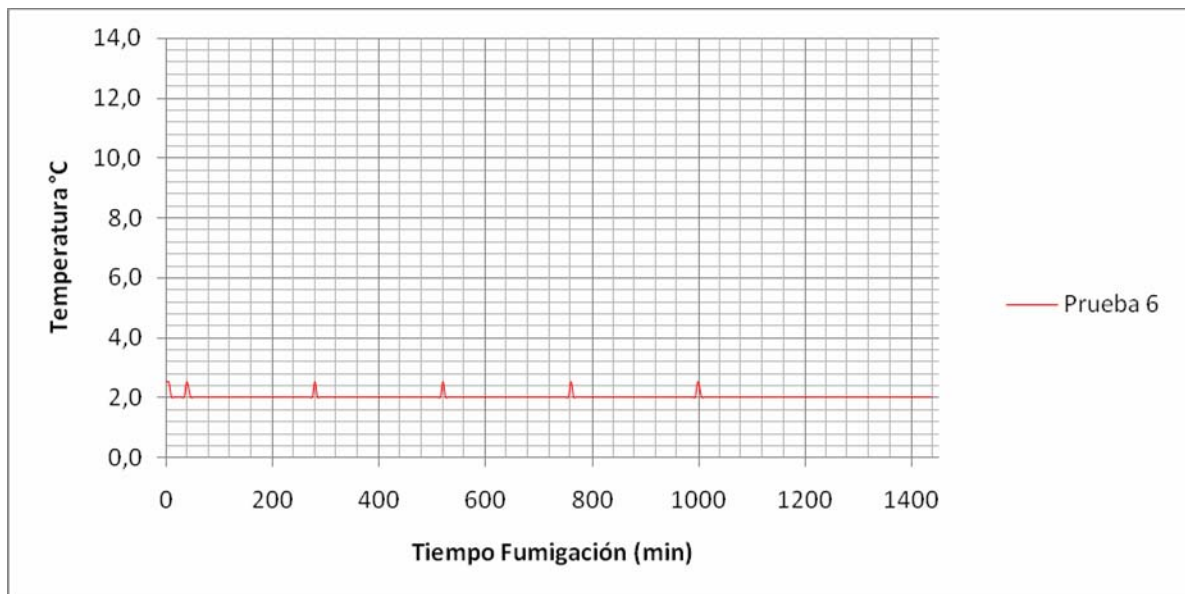
▪ **72 horas**



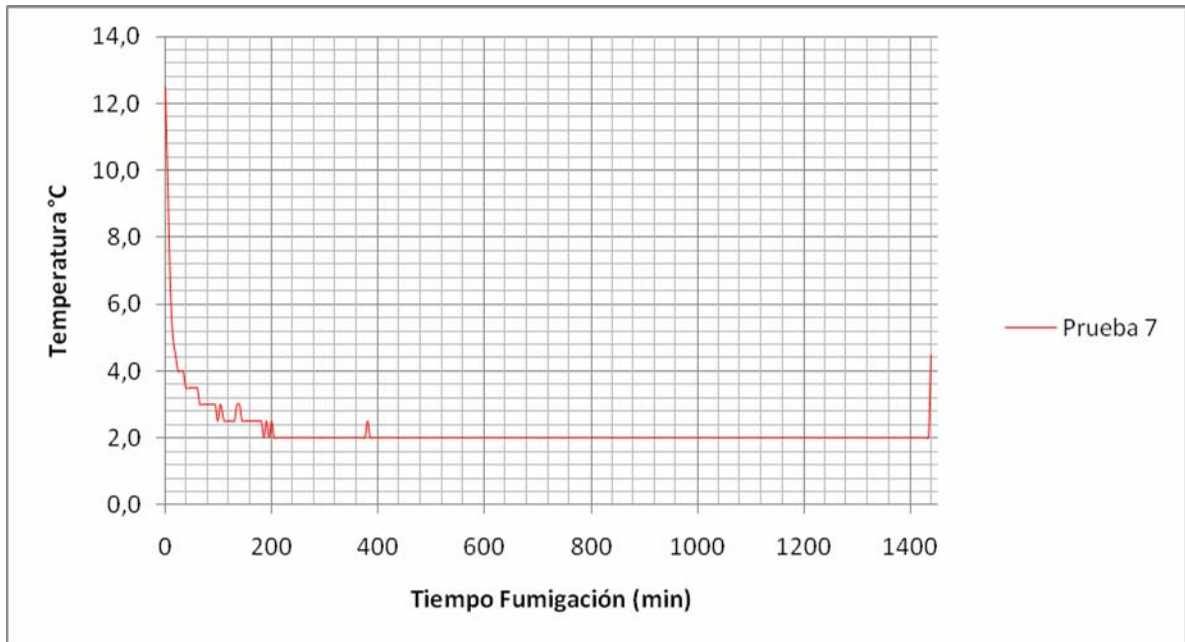
5. Prueba 6.1.5: Fumigación Frutas H₂S y 24 horas.



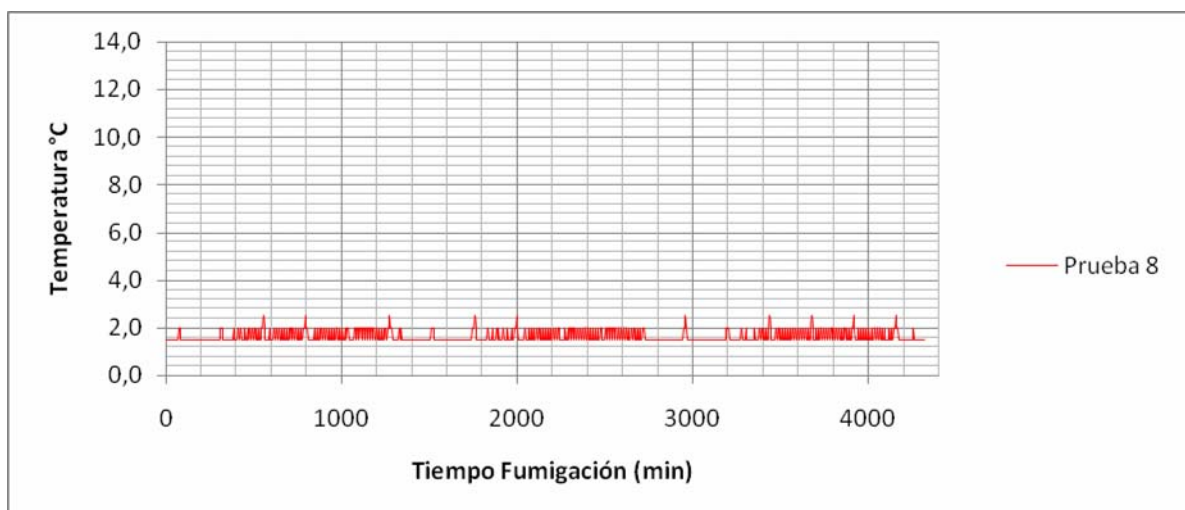
6. Prueba 6.2.1: Fumigación con PH₃/H₂S y 24 horas.



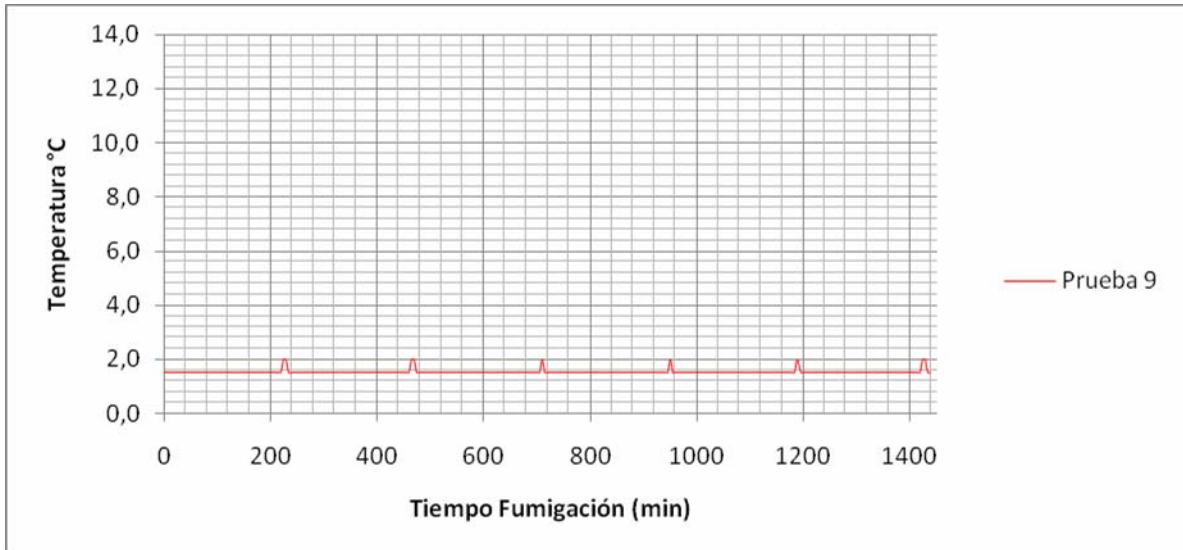
7. Prueba 6.2.2: Fumigación con $\text{PH}_3/\text{H}_2\text{S}$ y 24 horas.



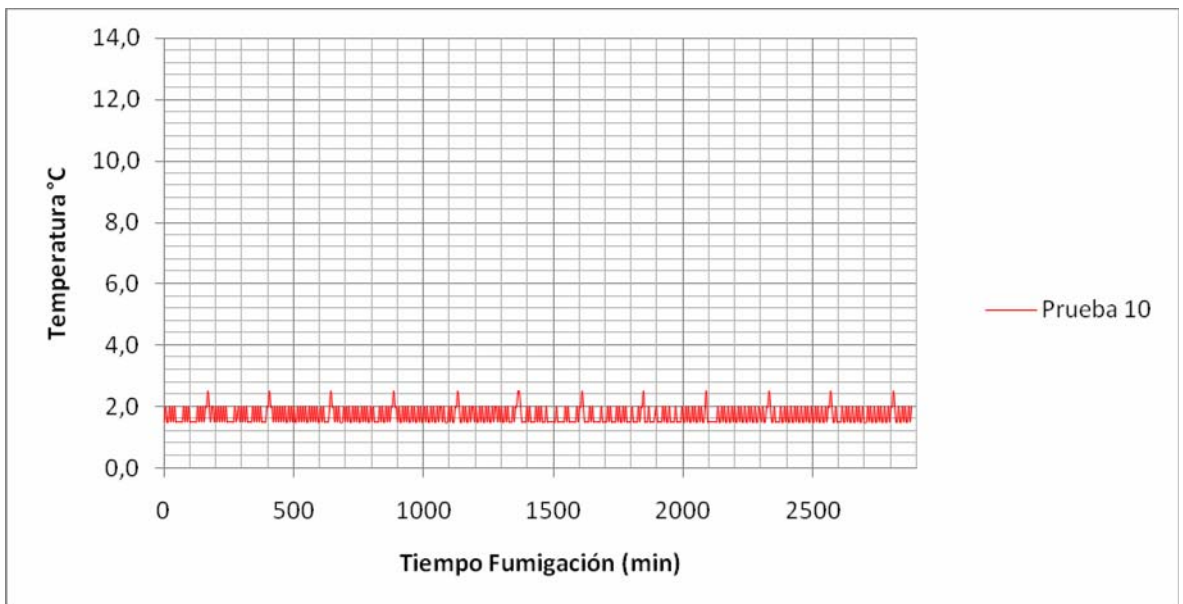
8. Prueba 6.2.3: Fumigación con $\text{PH}_3/\text{H}_2\text{S}$ y 48 horas.



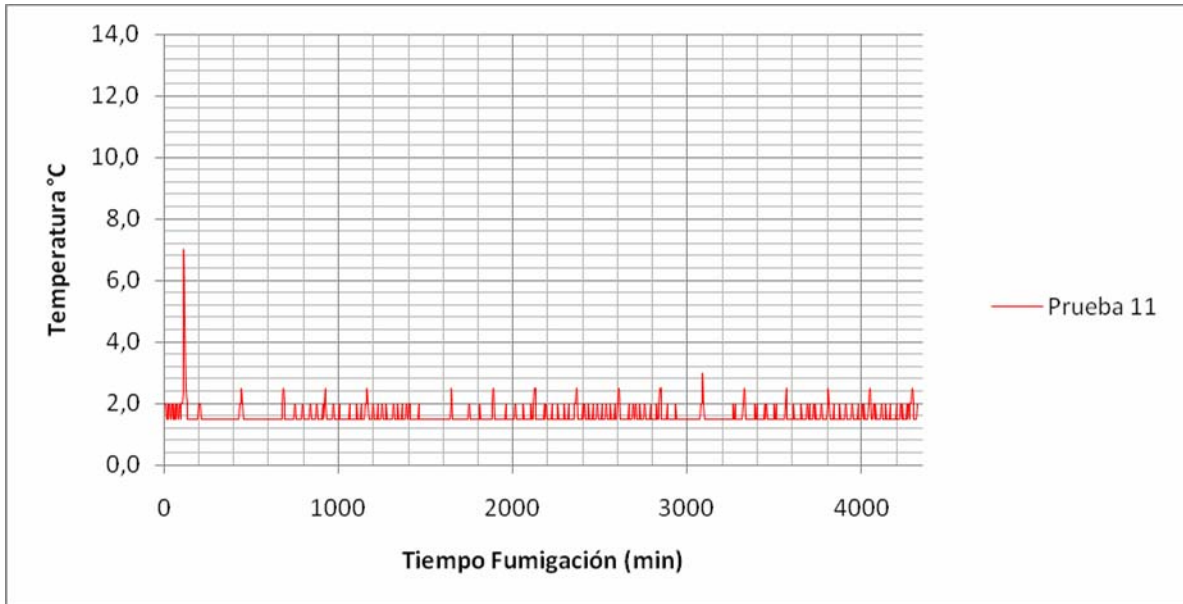
9. Prueba 6.3.1: Fumigación Fosfina y 24 horas.



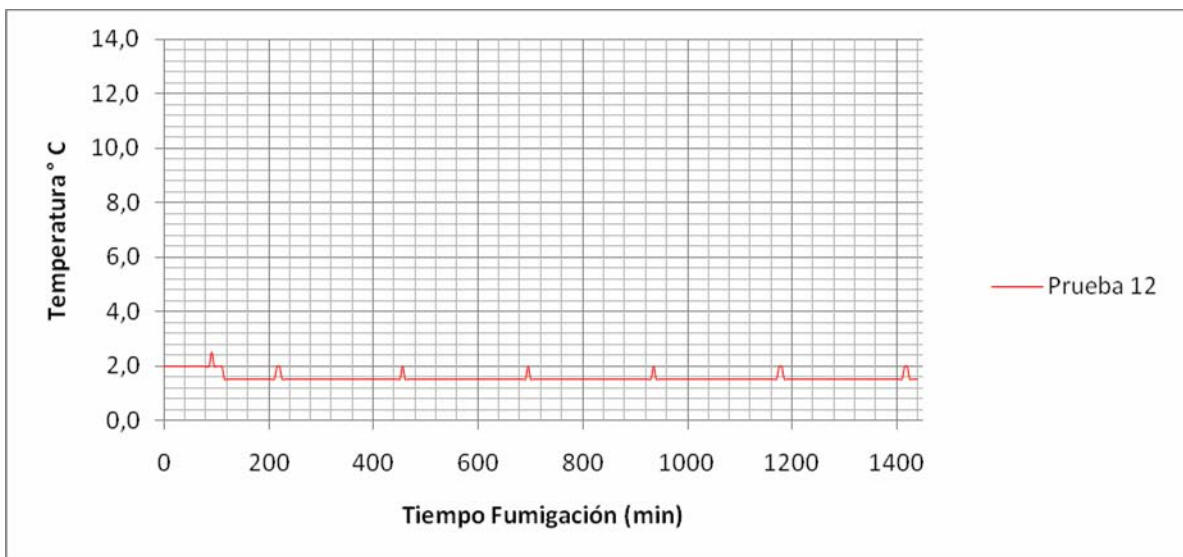
10. Prueba 6.3.2: Fumigación Fosfina y 48 horas.



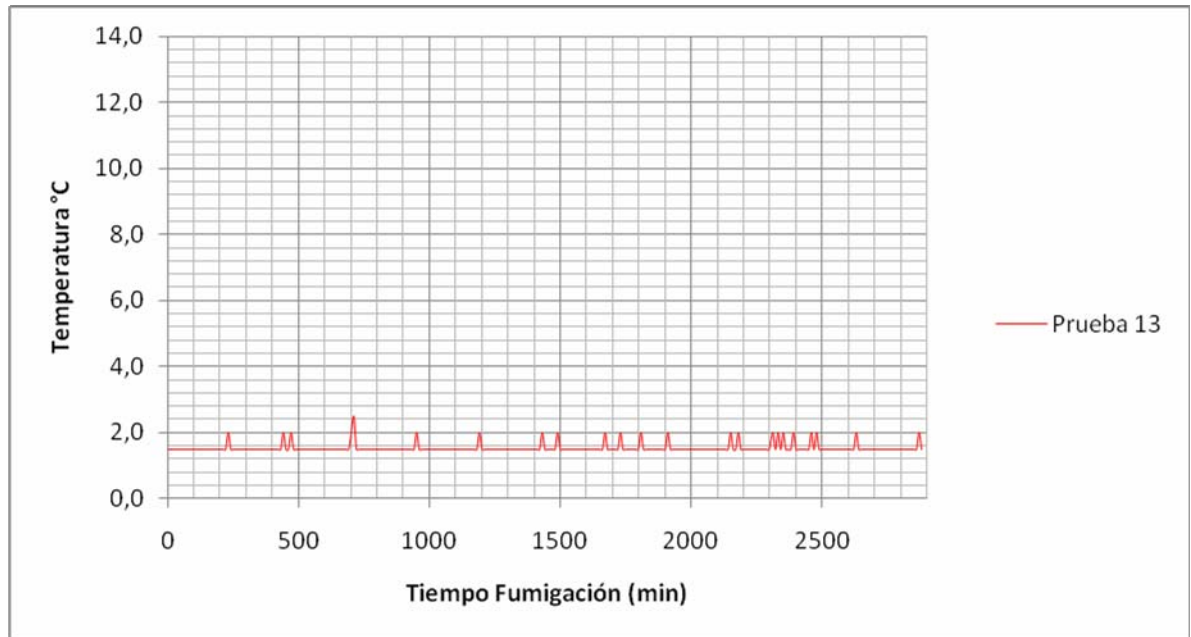
11. Prueba 6.3.3: Fumigación Fosfina y 72 horas.



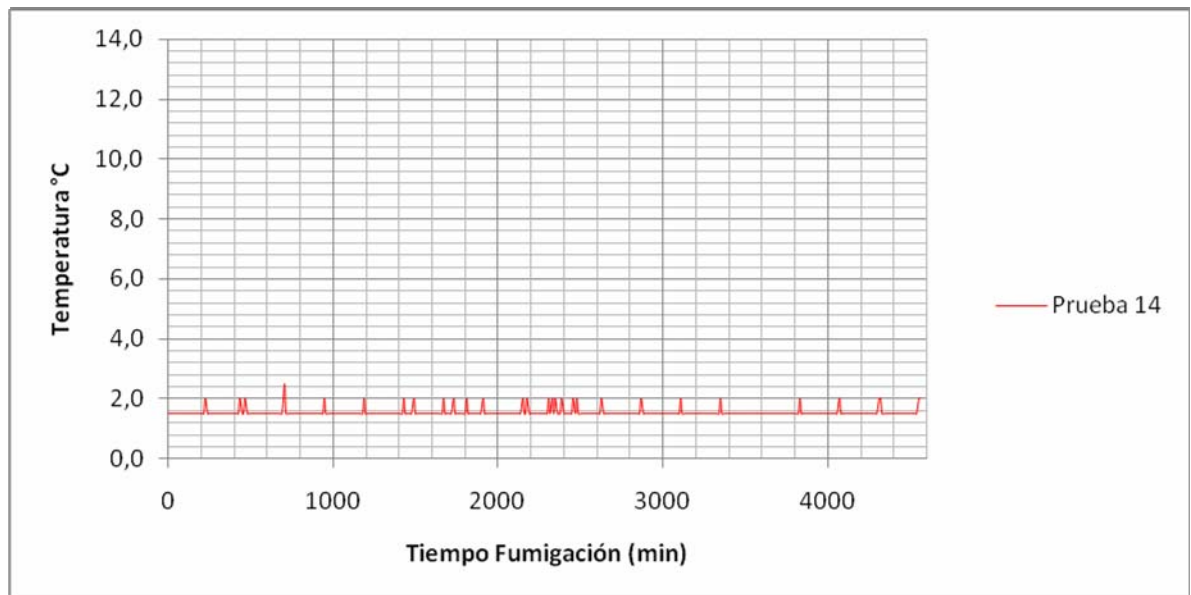
12. Prueba 6.4.1: Fumigación PH₃/SO₂ y 24 horas.



13. Prueba 6.4.2: Fumigación PH₃/SO₂ y 48 horas.

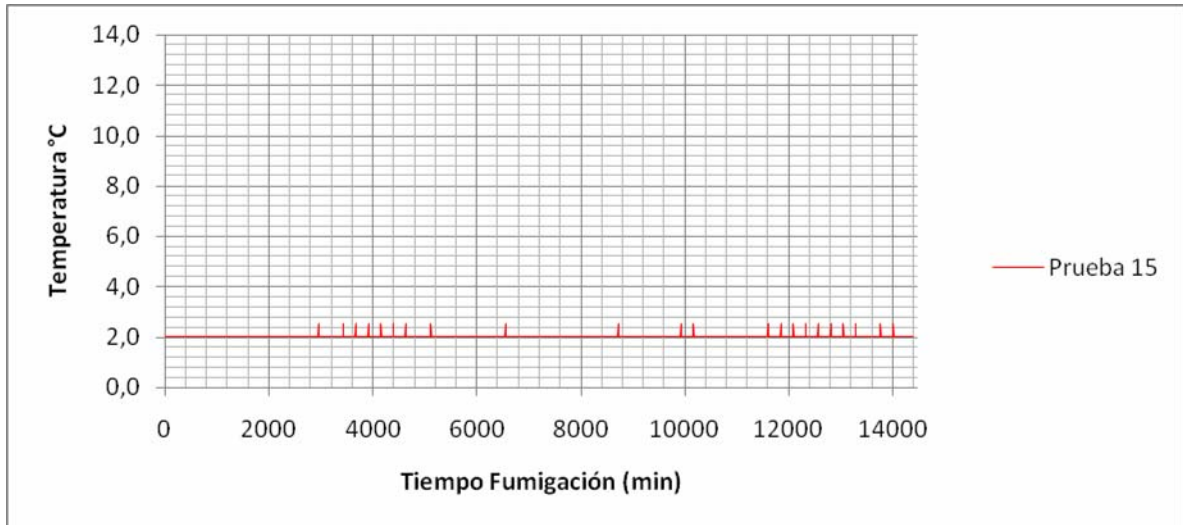


14. Prueba 6.4.3: Fumigación PH₃/SO₂ y 72 horas.

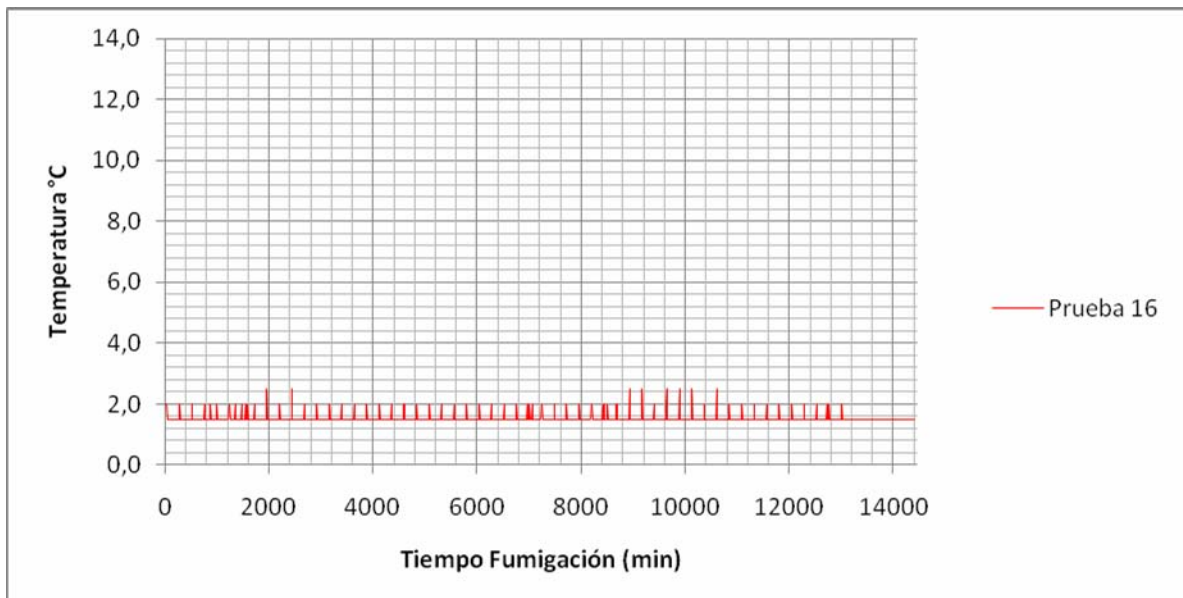


B-2 Pruebas Finales

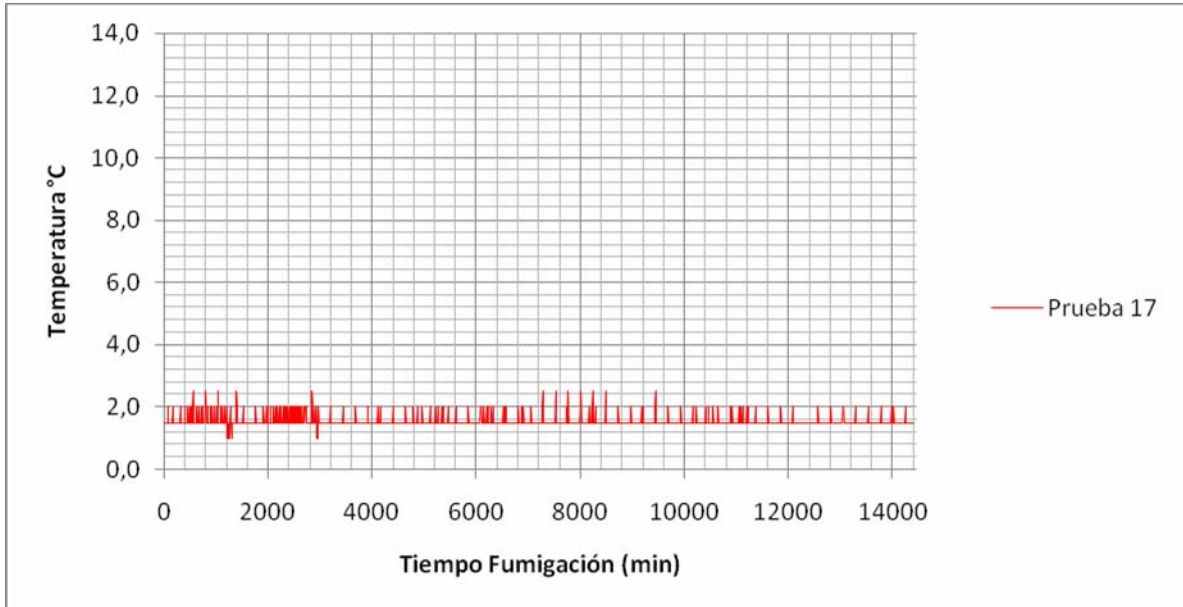
1. Prueba 7.2: Fumigación PH_3/SO_2 y 10 días



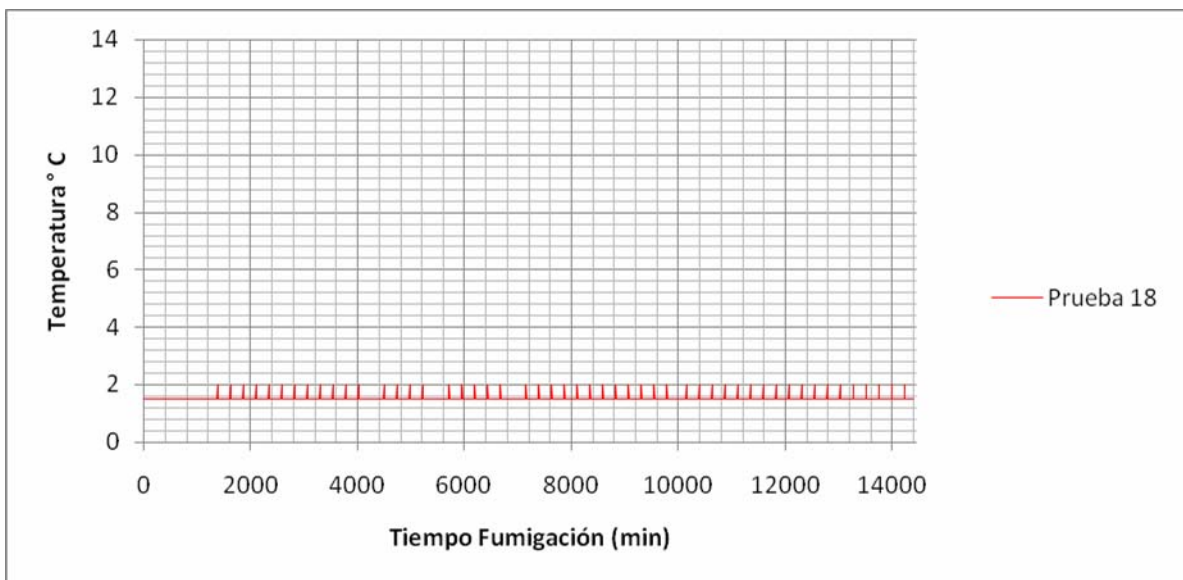
2. Prueba 7.3.1: Fumigación con Fosfina y 10 días



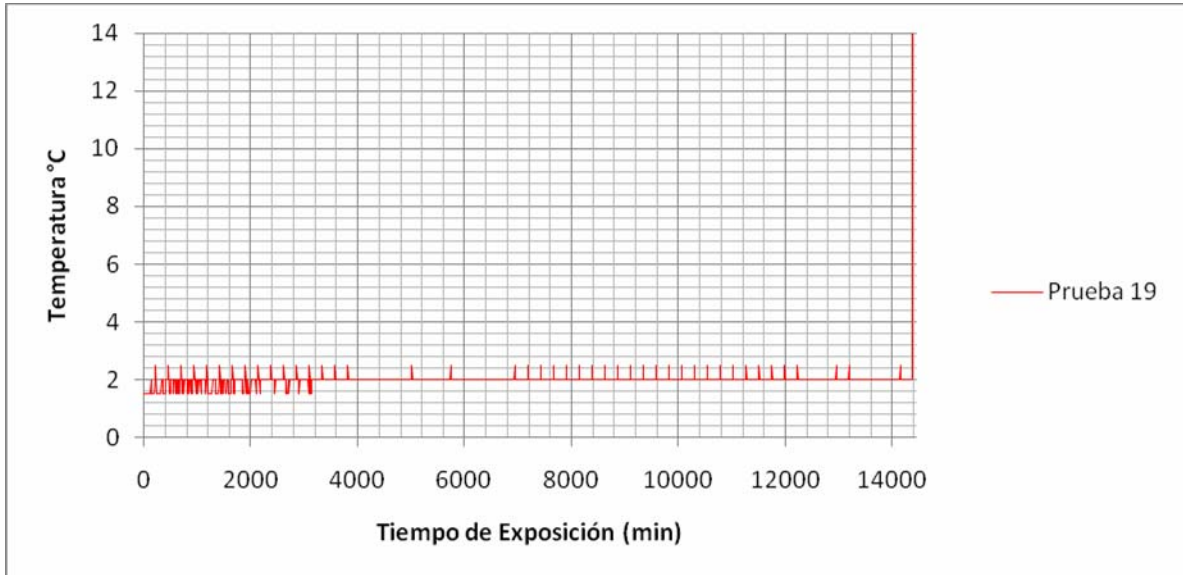
3. Prueba 7.3.2: Fumigación con Fosfina y 10 días



4. Prueba 7.3.3: Fumigación con Fosfina y 10 días



5. Prueba 7.3.4: Fumigación con Fosfina y 10 días



Observaciones:

En todas las pruebas, el instrumento Datta Loger marcó una Temperatura promedio de 1,5° C dentro de la cámara frigorífica. Sin embargo, hay casos en que los gráficos muestran un aumento repentino de temperatura, esto se debe a que el instrumento de medición registró la temperatura ambiente en el momento en que fueron ventilados los tambores de fumigación.

ANEXO C

Procedimientos

C-1 Procedimiento Tubos Colorimétricos

Muestreo y Medición

1. Romper ambas puntas del tubo detector introduciéndolas en el orificio a un lado de la bomba.
2. Insertar ahora el tubo detector en la entrada frontal de la bomba con la flecha indicadora apuntando hacia la bomba.
3. Introducir la manija hasta el fondo, y alinear las marcas de la manija con las de la bomba.
4. Sacar la manija de la bomba hasta la marca del volumen deseado: a la traba de 1/2 ciclo de bombeo (50 ml) o hasta completar todo el ciclo completo (100 ml).
5. Al jalar la manija se introduce a la bomba el volumen previsto de la muestra de gas y el reactivo empieza a cambiar de color a partir del punto de entrada de la muestra. El punto de interface entre la parte coloreada y la no coloreada del tubo detector indica la concentración del gas muestreado. Destrabar la manija girando 1/4 de vuelta y regresarla al punto inicial, empujándola hasta el fondo.
6. Si se requiere mayor número de ciclos de bombeo para obtener un mayor volumen de muestra, continuar jalando y metiendo la manija de la bomba hasta completarlos, sin retirar el tubo detector.

Hay tubos para diversos rangos de concentración de fosfina en el aire: La escala muestra el rango de medición para los ciclos de bombeo indicados.

Cada ciclo representa una muestra de 100 ml. Variando el número de ciclos (volumen de muestra), el rango puede ampliarse a las concentraciones indicadas.

C-2 Procedimiento de Dosificación de Fosfina en Tambores

1. Objetivo

Dosificar fosfina diluida en tambores, en forma segura y limpia.

2. Elementos a usar

Se deberá contar con el siguiente material: cilindro con fosfina diluida a 30.000 ppm (resto N₂), regulador de presión con conexión rápida, bala de 4 litros con válvula y conector rápido en ambos extremos, tambor de 214,24 litros, elementos de seguridad (máscara full face, equipo de medición de rango bajo, lentes y zapatos de seguridad), llave de punta y corona de 1 1/8" y manguera neumática de 1/4" x 8.

3. Teoría

A continuación se muestra las ecuaciones y datos usados.

Ecuación de los gases ideales

$$PV = nRT \quad (1)$$

donde:

P: Presión [atm]

V: Volumen [l]

n: Moles [mol]

R: Constante de los gases, 0.082 [ata l/mol °K]

T: Temperatura [°K]

4. Diagrama de instalación

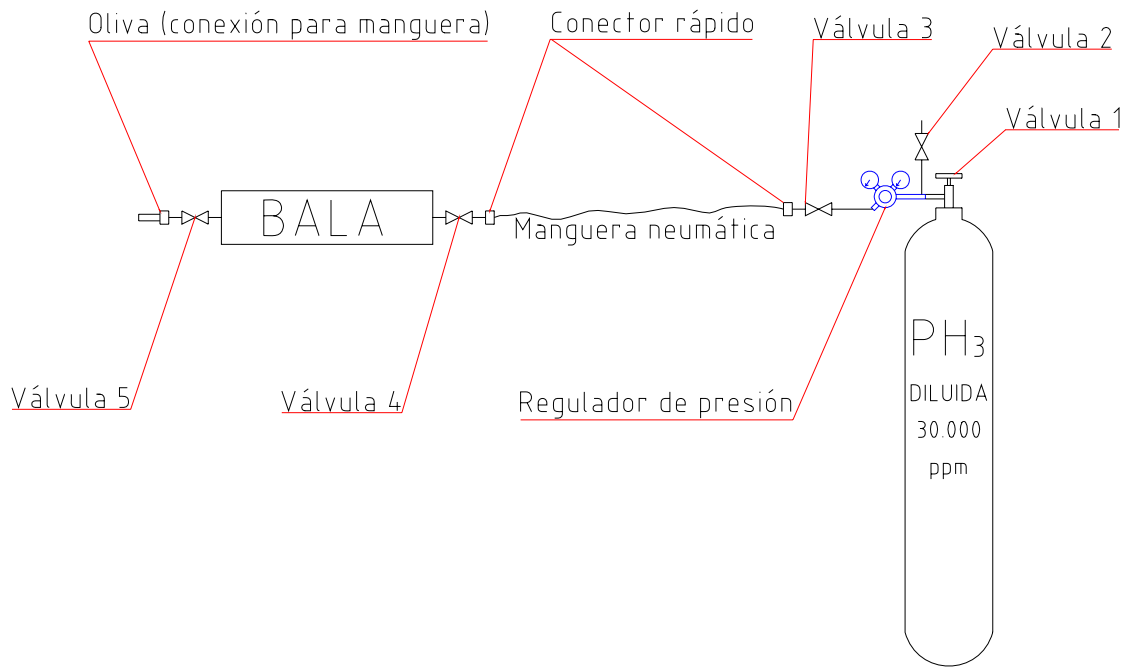


Figura 1. Diagrama de instalación de llenado de bala.

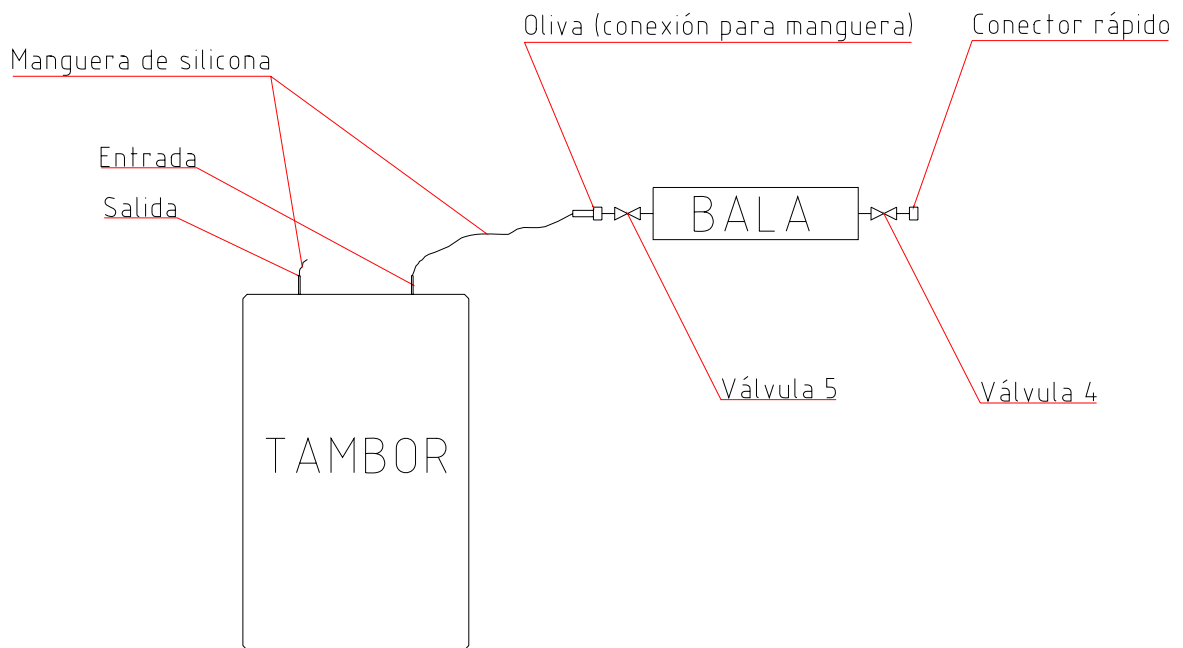


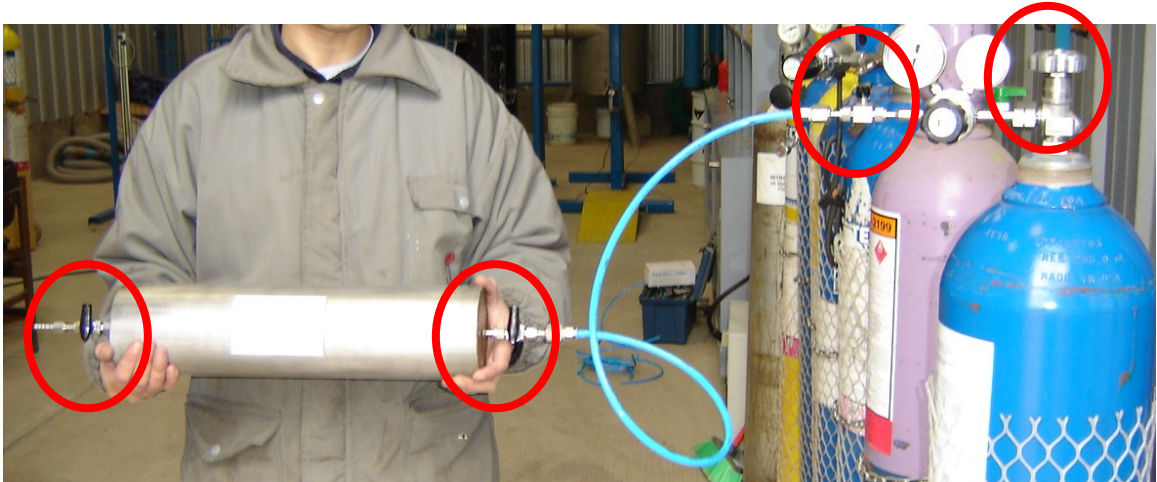
Figura 2. Diagrama de instalación de sistema de dosificación.

5. Procedimientos

A continuación se muestra el procedimiento para obtener una concentración entre 1000 y 2500 ppm en un tambor de 214 l.

Toma de muestra de fosfina diluida.

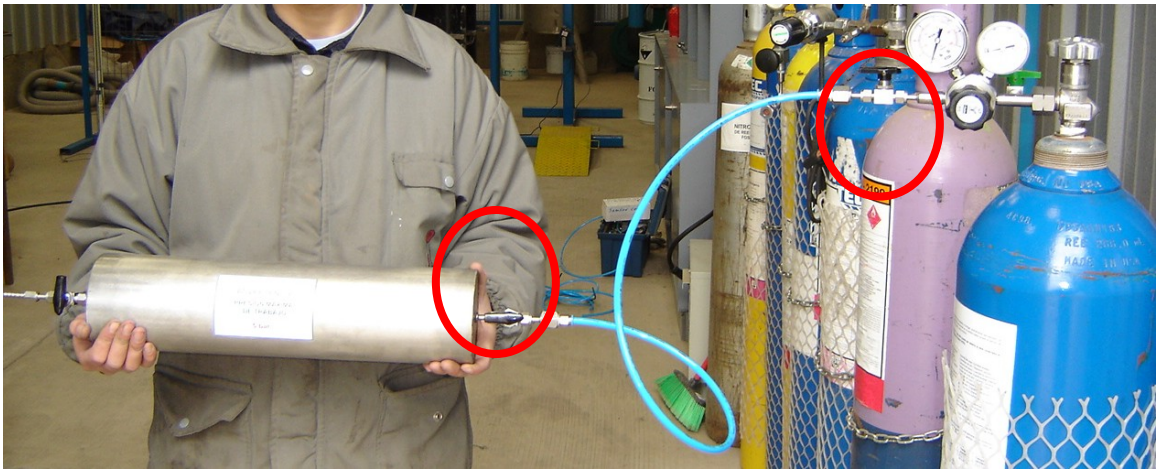
1. Instalar sistema de acuerdo a figura, en un lugar ventilado.



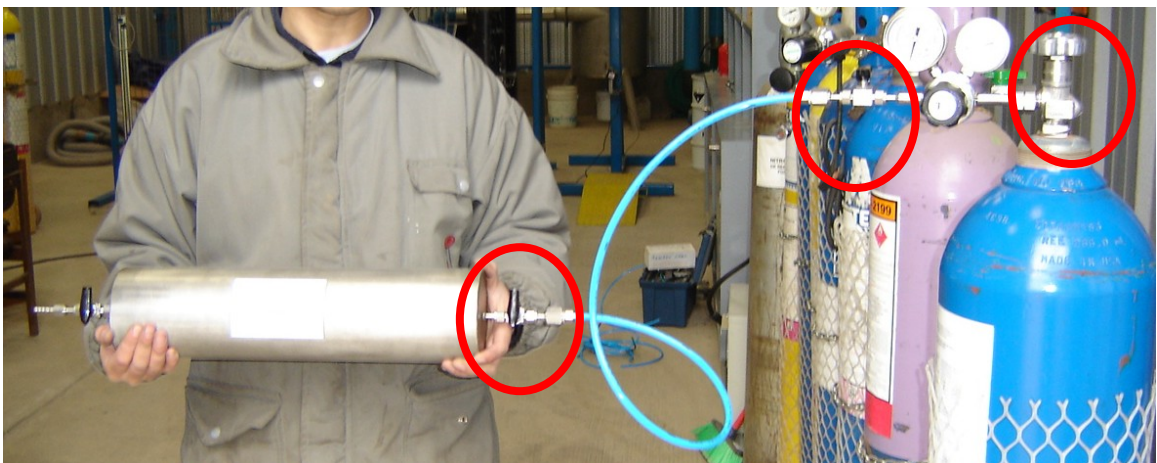
2. Verificar que válvulas 1, 2, 3, 4 y 5 de diagrama de página anterior estén cerradas.
3. Conexiones de entrada y salida de tambor, deben estar conectadas a manguera de silicona.
4. Regular presión en regulador de presión lo más bajo posible girando completamente contra manijas de reloj.
5. Abrir válvula de cilindro de fosfina diluida (válvula 1) lentamente.
6. Una vez abierta la válvula de fosfina, ajustar el regulador de presión a presión requerida para concentración deseada según tabla.

Concentración tambor ppm	1000	1500	2000	2500
Presión bala psig	26,9	40,3	53,7	67,1

7. A continuación, abrir válvulas 3 y 4.



8. Después de un minuto, cerrar válvulas 1, 3 y 4.



9. Desconectar manguera entre bala y despiche según procedimiento de *Conexión y desconexión de manguera flexible*.

Purga inicial de bala (Se realiza una sola vez para la primera aplicación).

1. Instalar sistema de dosificación de acuerdo a procedimiento anterior (pasos 1 a 9) llenando bala a una presión de 67 psi.

2. Desconecte manguera flexible y lleve bala con presión a un lugar bien ventilado.
3. Póngase la máscara de gas.
4. Abra válvula 5 y espere que baje presión en bala.
5. Cierre válvula 5.
6. Vuelva a llenar según procedimiento anterior
7. Repita al menos 4 veces.

Dosificación de la muestra de fosfina en un tambor.

1. Instalar sistema de dosificación de acuerdo a figura 2, en un lugar ventilado.
2. Mantenga abierta la manguera de salida de aire (marcada con círculo rojo en foto siguiente)



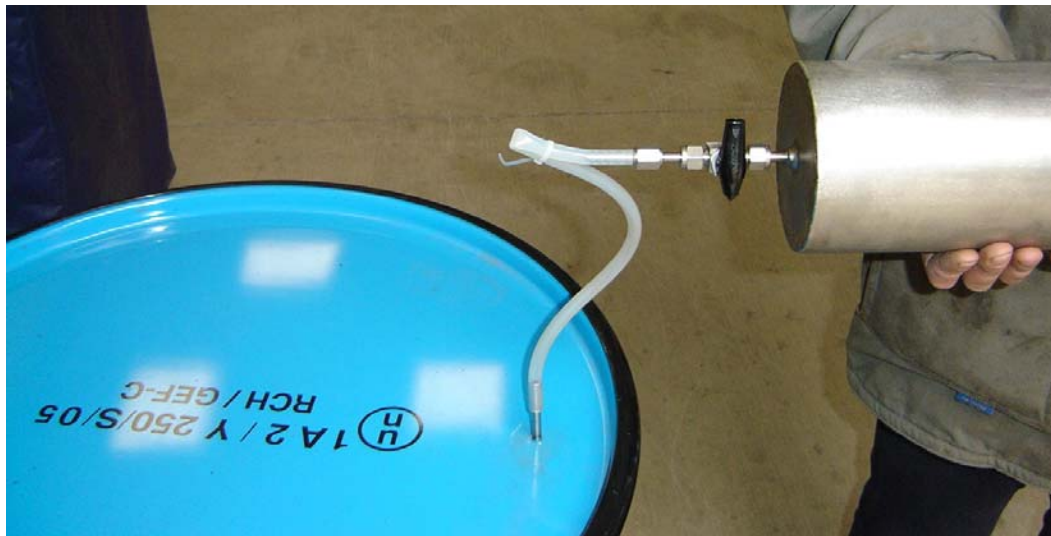
3. Abrir válvula 5 y esperar que presión se equilibre.



4. Luego de unos segundos, cierre la válvula 5.



5. Estrangular las dos mangueras de silicona, tanto de salida de tambor como de entrada del mismo, según fotos siguientes con una amarra cable.

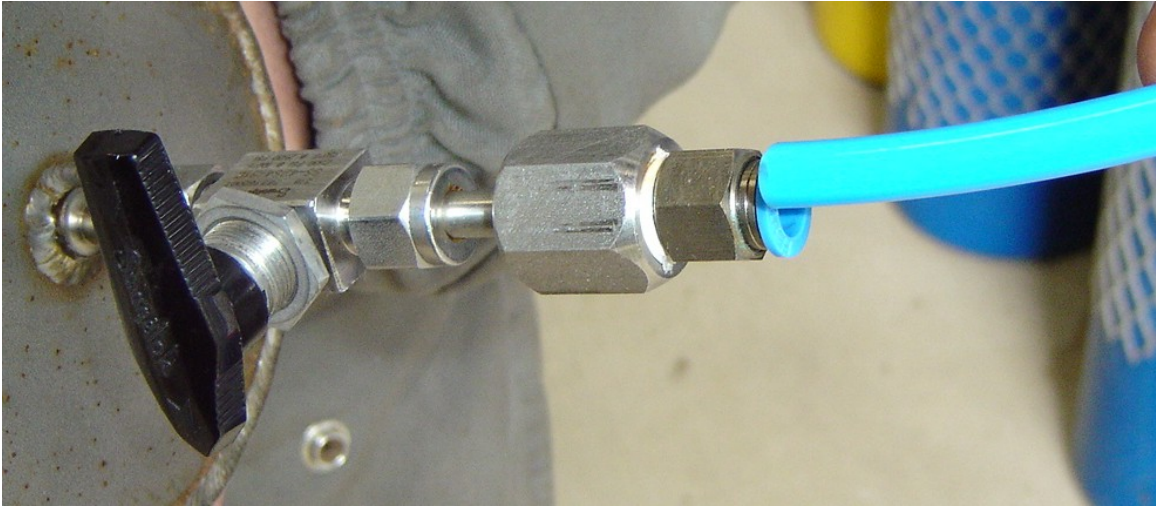


6. Desconecte la manguera de silicona de la bala.

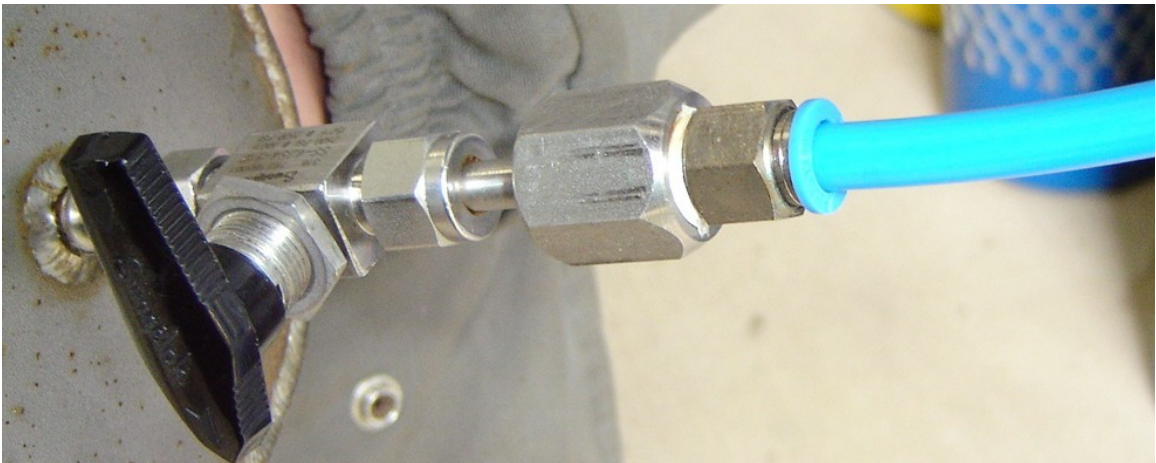


Conexión y desconexión de manguera neumática en conector rápido.

- 1) Acercar manguera a conector rápido.



- 2) Insertar manguera en conector rápido y embutir hasta tope.



- 3) Para desconectar, presionar anillo azul de conector y tirar manguera en sentido contrario.



ANEXO D

Reactivos

D-1 Compatibilidad del H₂S con algunos materiales

a) Metales: Corrosivo en presencia de agua.

Materiales	Compatibilidad
Aluminio	Satisfactoria pero corrosivo en presencia de humedad.
Bronce	No recomendado.
Cobre	No recomendado.
Acero al Carbono	Satisfactoria pero corrosivo en presencia de agua. Riesgo de fragilización por hidrógeno.
Acero Inoxidable	Satisfactoria pero corrosivo en presencia de agua excepto para aceros inoxidables de alta calidad. Riesgo de fragilización por hidrógeno.

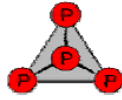
b) Plásticos

Materiales	Compatibilidad
Politetrafluoroetileno (PTFE)	Satisfactoria.
Policlorotrifluoroetileno (PCTFE)	Satisfactoria.
Polifloruro de Vinilideno (PVDF) (KYNAR™)	Satisfactoria.
Poliamida (PA) (NYLON™)	Satisfactoria.
Polipropileno (PP)	Sin datos.

c) Elastómeros

Materiales	Compatibilidad
Goma de peroil (isopreno - isopreno) (IIR)	Aceptable pero pérdida significativa de masa por extracción o reacción química.
Goma de nitrilo (NBR)	No recomendado, significativa pérdida de masa por extracción o reacción química.
Cloropreno (CR)	No recomendado, significativa pérdida de masa por extracción o reacción química.
Clorofluorocarbonos (FKM) (VITON™)	No recomendado, significativa pérdida de masa por extracción o reacción química.
Silicona (Q)	No recomendado, significativa pérdida de masa por extracción o reacción química.
Etileno - Propileno (EPDM)	Satisfactoria.

D-2 Hoja de Seguridad de Gas Sulfhídrico



FOSFOQUIM S.A



HOJA DE SEGURIDAD TIOFOS-G

Fecha de Vigencia:

Noviembre de 2006

Sección 1: Identificación del producto y proveedor

Sinónimo: Acido Sulfhídrico, Gas Hepático, Sulfuro de Hidrógeno
Nombre de la sustancia química: Sulfuro de Hidrógeno
Familia Química: Acido Inorgánico
Fórmula Química: H₂S
CAS Reg, N°: 04-06-7783

Proveedor: FOSFOQUIM S.A
Dirección: Av. General O'Higgins 2165
Comuna Padre Hurtado
Fono: (56-2) 355-7800
Fax: (56-2) 355-7800
Email: fosfoquim@fosfoquim.cl

Teléfono de Emergencia: 56-2-635-3800
CITUC (Centro de Información Toxicológica de la Universidad de Chile)

Sección 2: Componentes de Riesgo:

a) Este reactivo es una mezcla que contiene los siguientes componentes:

Ingredientes: Sulfuro de Hidrógeno
Formula: H₂S
N° CAS: 7783-06-4
UN: 1053
% por Wt.: 100
OSHA PEL: 10 ppm
ACGUH TLV: 10 ppm *

* El límite de exposición por períodos cortos es 15 ppm

Sección 3: Factores de Riesgo



Límites de Exposición recomendados: Ver Item N° 2

Efectos agudos de la sobre-exposición: Ojos: Puede haber irritación en los ojos en los niveles cercanos a la exposición permitida límite.

Piel: No se espera que el gas sea irritante a la piel.

Inhalación: Tóxico cuando se inhala. Derrame del producto puede crear una atmósfera la cual puede rápidamente exceder niveles letales. Niveles de exposición bajos y agudos que excedan el límite de exposición permisible causarán irritación nasal, en la garganta, dolor de cabeza, mareos, náuseas y estados nerviosos.

Efectos crónicos de la sobreexposición

: Un ser humano que respira hasta 8 ppm de sulfuro de hidrógeno por un período de más de 2 meses experimentará náuseas, dolor de cabeza, problemas

<u>Otros Efectos</u>	de respiración, disturbios del sueño	
	: El olor a sulfhidrato de hidróxido puede no ser reconocido después de haberse inhalado por un periodo prolongado debido a una paralización del sentido del olfato. Los efectos de inhalar este humo puede causar una bronquitis crónica, irritación respiratoria, disminución de la capacidad pulmonar y lagrimeo en los ojos.	
<u>Categoría de peligrosidad para la salud</u>	:	Animal Humano
	Cáncer diagnosticado	_____
	Sospechas de cáncer	_____
	Mutágeno	_____
	Teratógeno	_____
	Sensibilizador Alérgico	_____
	Alta toxicidad	_____
	Tóxico	_____ X _____
	Corrosivo	_____
	Iritante	_____
	Toxina organos objetivo	_____ X _____
	Especificar - Peligro pulmonar ,Toxina en el sistema nervioso	

Sección 4: Medidas de primeros auxilios y procedimiento de emergencia.

Contacto con los ojos
Lavar con agua de la llave por lo menos por 15 minutos. Si la irritación o los síntomas adversos persisten, Consultar con un médico

Contacto con la piel
Si se desarrolla algún efecto adverso o irritación, consulte un medico

Inhalación
Retire inmediatamente a la persona de la exposición al gas. Si se dificulta la respiración, proporcionarle oxígeno, en caso que la respiración cese, dar inmediatamente respiración artificial y oxígeno. Busque a la brevedad ayuda médica.

Ingestión
no corresponde por ser un gas

Una pronta atención médica es mandatoria en todos los casos de sobreexposición al sulfuro de hidrógeno Los paramédicos debieran estar equipados con NIOSH/MSHA y aparatos aprobados (SCBA). El personal de rescate debería ser capaz de reconocer los peligros de la sobreexposición debido al olfato

El tratamiento con Nitrito como terapia médica ha sido usada en personas sobre expuestas al sulfuro de hidrógeno pero el beneficio de este tratamiento es aún considerado como cuestionable.

La terapia puede ser sólo administrada por personal médico de emergencia calificado.

El tratamiento debería iniciarse con la inhalación de nitrito amyl por 15 o 30 segundos cada 1 minuto hasta 10 ml de una solución al 3% de nitrito de sodio y puede ser inyectada en forma intravenosa a un porcentaje de 2,5 a 5 ml por minuto. Se pueden repetir las inyecciones si es necesario.

Sección 5: Fuego y Explosión

Punto inflamación (método usado)	Gas inflamable
Límites inflamables (% por volumen en el aire)	LEL - 4 UEL - 44
Medio de extinción del fuego	Químico seco, espuma o dióxido de carbono (CO2)
Procedimientos de combate de fuego	Cierre las fuentes, si es posible. Se puede utilizar agua o spray para enfriar los contenedores y equipos. Usar el aparato aprobado de respiración autónomo NIOSH/MSHA. Use elementos de protección y/o ropas especiales descritas en la sección C.
Peligro de Explosión y Fuego	Se producirá anhídrido sulfuroso cuando se queme. Los vapores son más pesados que el aire y pueden moverse hacia una fuente de ignición y la llama retornar. La temperatura de autoignición es 280°C.

OBS

En caso que la combustión no cuase problemas mayores, dejar quemar el gas hasta que se extinga. El producto de la combustión, SO₂, es menos tóxico que el ácido sulfhídrico.

Sección 6: Procedimientos en caso de derrame, filtración

Se requiere tomar precauciones si el material es derramado o liberado :

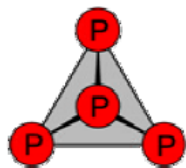
Evacuar todo el personal que no sea necesario. Usar equipo de protección y/o ropa de seguridad descrita en la sección 8 para garantizar las condiciones de exposición.

Cierre la fuente. Ventile el área confinada.

Material de desecho (Asegure la concordancia con todas las reglas vigentes):

Incinerar o ubíquelo en instalaciones que esté permitido manipular desechos.

D-3 Hoja de Seguridad de Fosfina



FOSFOQUIM S.A.

AV. GENERAL O'HIGGINS N° 2165 - PADRE HURTADO - TALAGANTE - CHILE

TEL.: (56-2) 355 78 00 FAX: (56-2) 355 78 50

Página Web: www.fosfoquim.cl e-mail: fosfoquim@fosfoquim.cl

Hoja De Datos De Seguridad Productos Químicos

NCh 2245. Of.2003

Fecha de vigencia: Enero de 2008

TK-Gas

Sección 1: Identificación del Producto y del Proveedor

Nombre del producto	TK-Gas
Código Interno de la sustancia química	2120
Proveedor / fabricante / comercializador	Fosfoquim S.A.
Dirección	Av. General O'Higgins 2165, Padre Hurtado
Teléfono	(56-2) 355 7800
Fax	(56-2) 355 7850
e-mail	fosfoquim@fosfoquim.cl
Teléfono de emergencia en Chile	(56-2) 3557800 de lunes a viernes entre 8:30 y 18:00; (56-9) – 8878067; (56-9) 6791188 las 24 horas; CITUC (56-2) 635 3800 las 24 horas

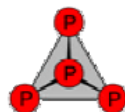
Sección 2: Información sobre la Sustancia o Mezcla

Nombre químico (IUPAC)	Fosfuro de Hidrogeno
Fórmula química	PH ₃
Sinónimos	Fosfina
N° CAS	7803-51-2
N° NU	2199



DIRECTOR GERENTE : DR. FRANZISKUS HORN FEJA

Página 1 de 8
Vigencia: Enero de 2008



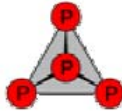
Sección 3: Identificación de los Riesgos

Marca en etiqueta NCh 2190	
a) Riesgos para la salud de las personas:	<p>PELIGRO, LIQUIDO Y GAS VENENOSO BAJO PRESION FATAL SI SE INHALA EXTREMADAMENTE INFLAMABLE SE ENCIENDE SI SE EXPONE AL AIRE PUEDE FORMAR MEZCLAS EXPLOSIVAS EN CONTACTO CON EL AIRE</p>
Efectos de una sobre-exposición Aguda (por una vez)	La dosis letal oral en humanos es de aproximadamente 5 mg/Kg. Los síntomas de envenenamiento incluyen fatiga, dolor de cabeza, debilidad, mareos, y sensación de opresión en el pecho.
Inhalación	La única vía esperada de ingreso es por inhalación.
Contacto con la piel	La piel no es una vía de ingreso de la fosfina, se recomienda el uso de ropa liviana y guantes de cuero solo al manipular los cilindros de fosfina para evitar posibles quemaduras por fugas producidas al abrir o manipular cilindros de fosfina.
Contacto con los ojos	Las mucosas de los ojos no son una vía esperada de ingreso de la fosfina. Se recomienda el uso de anteojos de seguridad ya que persiste el riesgo de gases comprimidos por proyección de partículas y daños producto de la combustión de la fosfina.
Ingestión	No es una vía esperada de ingreso ya que se trata de un gas.
Efectos de una sobre-exposición Crónica (largo plazo)	No hay Información disponible.
Condición médicas que se verán Agravadas con la exposición al producto	No hay información disponible.
b) Riesgos para el medio ambiente	El riesgo esta limitado por la forma física del producto.
c) Riesgos especiales del producto	El producto en altas concentraciones en contacto con el aire puede formar mezclas explosivas y autoinflamables.

Sección 4: Medidas de Primeros Auxilios

En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo con:	
Inhalación	En caso de inhalación del producto, llevar inmediatamente a la persona fuera del área contaminada, tomando en consideración el viento, desplazándose en dirección contraria al sentido del viento. Si la persona no respira, proporcione respiración artificial hasta que la respiración se reestablezca.





	Solicita atención médica de inmediato.
Contacto con la piel	No es una vía esperada de ingreso. El gas no es absorbido por la piel.
Contacto con los ojos	No es una vía esperada de ingreso.
Ingestión	No es una vía esperada de ingreso.
Notas para el médico tratante	En el caso de una exposición a fosfina, la recuperación es muy rápida y ocurrirá generalmente cuando el paciente es trasladado al exterior y deja de inhalar el gas tóxico. No se conoce ningún antídoto específico. Después de la inhalación, trasladar al paciente a un lugar no contaminado, dejar reposar, administrar calor, administrar broncoespasmolíticos (p.ej. aludrin) y antitusígenos (p.ej. codeína). Procurar que el afectado no vuelva a trabajar o a estar expuesto al producto en al menos 24 horas.

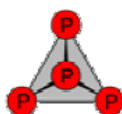
Sección 5: Medidas para Lucha Contra el Fuego

Agentes de extinción	En caso de que ocurra un incendio en un área en donde se encuentren cilindros de fosfina, se puede usar agua en forma de spray, espuma, dióxido de carbono o polvo químico para combatir el fuego. En caso de que la llama provenga de un cilindro de fosfina, no apague la llama sobre el cilindro, los humos blancos de ácido fosfórico producto de la combustión son menos tóxicos que la fosfina que es incolora.
Procedimientos especiales para combatir el fuego	En caso de incendio por combustión de fosfina, de ser posible cierre la válvula del cilindro, de lo contrario deje arder y aisle la zona afectada, si es posible, sin riesgo, retire otros materiales combustibles o cilindros de gas comprimido de la zona afectada. NO APAGUE EL FUEGO Mantenga el cilindro frío utilizando agua desde una distancia segura, estos cilindros no tienen válvula de alivio de presión, por lo cual, pueden explotar en caso de aumentar mucho su temperatura. Dado el riesgo de explosión de un cilindro, evacuar el área. Solo personal capacitado y entrenado para evaluar la situación o combatir el fuego debe acercarse.
Equipo de protección personal para el combate del fuego	Use un aparato de respiración de presión positiva (SCBA) y el equipo completo de ropa para extinción de incendio.

Sección 6: Medidas para Controlar Derrames o Fugas

Medidas de emergencia a tomar si hay derrame del material	Elimine todas las fuentes de ignición. Evacue el área, teniendo la precaución de alejarse del lugar afectado avanzando en contra de la dirección del viento. Si el producto se está quemando, proceda según lo indicado en la sección 5.
Equipo de protección personal para atacar la emergencia	Cuando no se conoce la concentración de fosfina en el lugar, utilice un equipo de respiración de presión positiva aprobado por NIOSH





Precauciones a tomar para evitar daños al medio ambiente	En caso de derrames o fugas, se debe evitar la concentración de gas mediante la ventilación natural o forzada de las zonas afectadas. Evacuar a personas o animales presentes en la zona afectada.
Métodos de limpieza	Como producto de la combustión de la fosfina se genera ácido fosfórico, el cual en forma diluida es inocuo. Lave con abundante agua las superficies afectadas.
Métodos de eliminación de desechos	Fuera del producto de la combustión no se producen desechos de ningún tipo. Los envases dañados deben ser devueltos al proveedor.

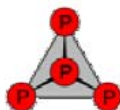
Sección 7: Manipulación y Almacenamiento

Recomendaciones técnicas	Mantener el producto almacenado en áreas exclusivamente para TK-Gas, ventiladas, alejadas de cualquier fuente de calor o ignición
Precauciones a tomar	La fosfina, en contacto con el aire puede formar mezclas explosivas y autoinflamables. La fosfina puede reaccionar con ciertos metales, causando corrosión, especialmente en condiciones de alta temperatura y humedad. Metales como el bronce, cobre, aleaciones de cobre y metales preciosos como plata y oro son susceptibles de sufrir corrosión.
Recomendaciones sobre manipulación segura, específicas	No respire el gas. Mantenga el cilindro cerrado. Úselo con una adecuada ventilación. Manténgalo alejado del calor, chispas y llamas. Nunca deje caer un cilindro. Los cilindros siempre deben estar amarrados con sus respectivas tapas de seguridad colocadas, las cuales solo deben ser retiradas al momento de conectar un cilindro a un equipo Horn Diluphos System. Los cilindros nunca se pueden mover o transportar sin sus tapas de seguridad debidamente instaladas.
Condiciones de almacenamiento	Los cilindros deben almacenarse en un lugar asignado para ello, separado de otros productos, en un lugar frío, seco, bien ventilado y resistente al fuego. Los cilindros deben almacenarse con sus tapas de seguridad colocadas, amarrados, en posición vertical, preferentemente al aire libre. Los lugares que contengan el producto deben contar con prácticas seguras contra fuego y equipos eléctricos de acuerdo con los códigos de protección eléctrica e incendiaria que rigen la Clase I de Líquidos Inflamables. Almacenar a temperaturas por debajo de los 52 °C por razones de seguridad.
Embalajes recomendados y no adecuados por el proveedor	El producto solo debe ser almacenado en el envase proveído por el fabricante.

Sección 8: Control de Exposición / Protección Especial

Medidas para reducir la posibilidad de exposición.	Los cilindros, mientras no estén conectados a un equipo Horn Diluphos System, deben permanecer con la tapa de seguridad y el gorro protector de la válvula colocados. Antes de abrir la válvula de un cilindro, la cual es la operación mas
--	--





	<p>riesgosa, revise lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verifique que las conexiones de inyección y succión del equipo con la instalación, además de las conexiones con los cilindros estén en orden, de modo de que no se produzca un escape de gas puro o gas mezclado con aire. • Verifique que en el recinto a fumigar no se encuentren personas, y que este tenga sus accesos y ventilaciones selladas y con la señalética de seguridad instalada. • Verifique que no permanezcan personas o animales en zonas directamente adosadas a la instalación a fumigar. Se debe asegurar que en el área aledaña, donde permanezca o trabaje gente, la concentración de gas se mantenga bajo los límites máximos permisibles.
Parámetros para control	Se recomienda monitorear continuamente la concentración de fosfina en el lugar de trabajo con los equipos adecuados.
Límites permisibles ponderado (LPP), absoluto (LPA) y temporal (LPT)	LPP : 0,24 ppm (0,34 mg/m ³) LPT : 1 ppm (1,4 mg/m ³)
Protección respiratoria	Cuando se esta expuesto a niveles por debajo del LPP (0,24 ppm) no se requiere protección respiratoria. Para niveles de exposición entre 0,24 y 18 ppm, utilice mascara full-face con filtro para fosfina. Con concentraciones por sobre las 18 ppm, se requiere la utilización de un sistema de protección respiratoria de presión positiva
Guantes de protección	Al manipular cilindros de fosfina utilice guantes de cuero, especialmente en las operaciones de apertura y cierre del cilindro.
Protección de la vista	Se recomienda el uso de anteojos de seguridad por riesgo de proyección de partículas, inflamación o explosión de fosfina.

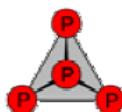
Sección 9: Propiedades Físicas y Químicas

Estado físico	Gas Licuado
Apariencia y olor	Gas incoloro con olor a ajo o carburo
Concentración	Mínimo 97%
pH concentración y temperatura	No Aplicable
Temperaturas específicas y/o intervalos de temperatura	No aplicable
Punto de inflamación	Pirofórico
Límites de inflamabilidad	Inferior: 1.8 %
Tº de autoignición	Temperatura ambiente.
Peligros de fuego o explosión	En altas concentraciones forma mezclas explosivas y autoinflamables en contacto con el aire.
Presión de vapor a 20 °C	502 psi @ 20 °C



DIRECTOR GERENTE : DR. FRANZISKUS HORN FEJA

Página 5 de 8
Vigencia: Enero de 2008



Densidad de vapor	1.146 @ 20 °C (aire = 1)
Densidad a 20 °C	No aplicable
Solubilidad en agua y otros solventes	En agua. 27 cc gas / 100 ml a 20 °C

Sección 10: Estabilidad y Reactividad

Estabilidad	Estable
Condiciones que se deben evitar	Ninguna Conocida
Incompatibilidad (materiales que se deben evitar)	Aire, agentes oxidantes
Productos peligrosos de la descomposición	La descomposición térmica produce gas hidrogeno y fósforo y puede producir difosfina.
Productos peligrosos de la combustión	La combustión produce acido fosfórico.
Polimerización peligrosa	No sucederá

Sección 11: Información Toxicológica

Toxicidad a corto plazo	La sobreexposición por inhalación de fosfina produce como nauseas, opresión en el pecho, zumbido de oídos, aletargamiento, estupor, angustia. Exposiciones a concentraciones más altas pueden producir trastornos intestinales, como vómitos y diarrea, así como perdida del equilibrio, dolores en el pecho y disnea. Estos síntomas pueden manifestarse de manera inmediata o luego de algunas horas de producida la exposición al producto. Con exposiciones mayores, rápidamente se produce la muerte.
Toxicidad a largo plazo	No hay información disponible.
Efectos locales o sistémicos	El fosfuro de hidrogeno actúa como veneno, bloqueando importantes sistemas enzimáticos dentro de las células del organismo.

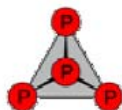
Sección 12: Información Ecológica

Inestabilidad	Estable
Persistencia / degradabilidad	El producto se oxida rápidamente en la atmósfera por efecto de la luz solar a fosfatos.
Bio-acumulación	No Sucederá
Efectos sobre el medio ambiente	El riesgo esta limitado por la forma física del producto.

Sección 13: Consideraciones sobre Disposición Final

Métodos recomendados y aprobados por la normativa chilena para disponer de la sustancia, residuos, desechos	El uso del producto no genera ninguna sustancia, residuo o desecho. Los envases vacíos deben ser devueltos al proveedor.
---	--





Métodos recomendados y aprobados por la normativa chilena para eliminación de envases / embalajes contaminados	Los envases vacíos deben ser devueltos al proveedor de acuerdo a las instrucciones de las autoridades competentes. Los cilindros usados siempre contienen restos de fosfina, por lo que deben ser devueltos con sus tapas de seguridad instaladas.
--	--

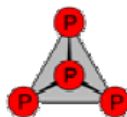
Sección 14: Información sobre Transporte

Terrestre por carretera o ferrocarril	CLASE DE RIESGO	2.3
	NOMBRE DE EMBARQUE	FOSFINA
	GRUPO DE EMPAQUE	-
Via marítima	CLASE DE RIESGO	2.3
	NOMBRE DE EMBARQUE	FOSFINA
	GRUPO DE EMPAQUE	-
	PAGINA IMDG	
Fosfina	CLASE DE RIESGO	2.3
	NOMBRE DE EMBARQUE	FOSFINA
	INSTRUCCIONES CAO	
	GRUPO DE EMPAQUE	-
Distintivos aplicables NCh 2190		
Nº NU.	2199	

Sección 15: Normas Vigentes

Normas internacionales aplicables	UN, DOT, IMDG, ICAO
Normas nacionales aplicables	NCh. 2120 / 2
Marca en etiqueta	Gas Inflamable





Sección 16: Otras Informaciones

Restricciones Especiales:

Este producto solo debe ser utilizado por personal capacitado y calificado.

El TK-Gas debe ser aplicado en forma exclusiva con el Horn Diluphos System de Fosfoquim S.A., el cual se comercializara previa aprobación del curso de entrenamiento.

El cilindro de TK-Gas, solo debe ser conectado a un equipo HDS, la fosfina sobre 18.000 ppm se inflama en forma espontánea.

Nota:

Los datos consignados en esta hoja informativa fueron obtenidos de fuentes confiables. Las opiniones expresadas en este formulario son las de profesionales capacitados. La información que se entrega en el es la conocida actualmente sobre la materia.

Considerando que el uso de esta información y de los productos esta fuera del control del proveedor, la empresa no asume responsabilidad alguna por este concepto. Determinar las condiciones de uso seguro del producto es obligación del usuario.

FOSFOQUIM S.A.



DIRECTOR GERENTE : DR. FRANZISKUS HORN FEJA

Página 8 de 8
Vigencia: Enero de 2008

SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR

Nombre del Producto : **Dióxido de Azufre (SO₂)**
Proveedor : Quimetal Industrial S.A., Los Yacimientos 1301 Maipú, Santiago – Chile
Teléfono Emergencia : (56-2) 381 7000
Fax : (56-2) 381 7190
CITUC : (56-2) 6353800
En caso de emergencia química, derrame o incendio llame al CITUC Químico, Centro de Información para Emergencias Químicas del Hospital Clínico de la Pontificia Universidad Católica Chile, teléfono 56-2-247 3600.

SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN / INGREDIENTES

Nombre Químico : Oxido Sulfuroso
Fórmula Química : SO₂
Sinónimos : Dióxido de Azufre, Anhídrido Sulfuroso.
N° CAS : 7446-09-5
N° UN : 1079



SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Marca en etiqueta : Clase 2.3, NCh 382 Of2004.

Clasificación de riesgos del producto: Peligro para la salud de las personas

a) Peligro para la salud de las personas

Efectos de una sobre exposición aguda (por una sola vez)

Inhalación: Puede causar irritación a las membranas mucosas y sistema respiratorio, puede causar abundante secreción nasal, tos, cortes de respiración, vómitos, dolor de estómago, vómitos y convulsiones.

Contacto con los ojos: Puede causar irritación y quemaduras a los ojos, manifestándose en lagrimeo, enrojecimiento, picazón y molestias.

Ingestión: Es poco probable que esto ocurra.

Efectos de una sobre exposición crónica (largo plazo): reacciones alérgicas, quemaduras sistema respiratorio y la piel.

Condiciones que se verán agravadas con la exposición del producto: Personas con asma, problemas respiratorios y alérgicos en general.

b) Peligros para el medio ambiente: El gas liberado al aire es corrosivo y dañino para la salud. Un derrame en aguas puede causar un aumento en la acidez natural, pudiendo afectar a la flora y fauna.

c) Peligros especiales del producto: Es un gas altamente corrosivo.

SECCIÓN 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo a:

Inhalación: Remover a la víctima de la fuente de exposición, remover inmediatamente al aire fresco y obtener atención médica. Si la respiración es irregular administrar respiración artificial.

Contacto con la piel: remover ropa, zapatos y accesorios, lavar la piel contaminada con agua y jabón. Si existe irritación obtener atención médica. Lavar ropa y accesorios antes de volver a usar.

Contacto con los ojos: Lavar los ojos con abundante agua por lo menos 15 minutos. Pedir asistencia médica

Ingestión: Es poco probable que se requiera un tipo de tratamiento.

Notas para el médico tratante: El dióxido sulfuroso en presencia de humedad forma ácidos, los cuales son los afectan a las personas y el medio ambiente.

SECCIÓN 5: MEDIDAS PARA LUCHA CONTRA EL FUEGO

Agentes de extinción: Cualquier medio es adecuado, ya que se trata de un producto que no es inflamable o explosivo.

Procedimientos especiales para combatir el fuego: Tomar precauciones por la emisión de gases tóxicos. Mover los contenedores de gases de la zona de fuego, enfriarlos con agua.

Equipos de protección personal para el combate del fuego: Usar ropa protectora adecuada y un equipo respiratorio independiente de presión positiva especialmente aprobado. Usar máscara full-face.

SECCIÓN 6: MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS

Medidas de emergencia a tomar si hay derrame del material: Parar el derrame sin tomar riesgos personales. Reducir los vapores con abundante agua. No verter agua directamente en el material derramado. Mantenga solo al personal necesario cerca del área, aisle la zona y niegue la entrada a esta.

Equipo de protección personal para atacar la emergencia: Usar ropa de protección y máscara full-face con respirador aprobado para este tipo de gases corrosivos.

SECCIÓN 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Recomendaciones técnicas: Es un gas que presenta alta peligrosidad pero si es los contenedores son tratados en forma adecuada no presenta peligrosidad.

Precauciones a tomar: anhídrido sulfuroso posee reconocidas propiedades corrosivas, por lo que deben protegerse de equipos eléctricos.

No comer ni beber mientras se manipula el producto, cambiarse de ropa una vez terminada la jornada de trabajo, lavarse con abundante agua y jabón.

Recomendaciones sobre la manipulación segura, específicas: No exponer los contenedores a altas temperaturas y a la humedad.

Condiciones de almacenamiento: Almacenar en un espacio abierto y ventilado, bajo techo, no exponer a la luz solar directa o indirecta, no exponer a la lluvia.

Embalajes recomendados y no adecuados: cilindros metálicos con válvulas especiales para este tipo de gases corrosivos.

SECCIÓN 8: CONTROL DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN ESPECIAL

Medidas para reducir la posibilidad de exposición: Evitar la acumulación de vapores en alguna área o zona donde hay personas

Parámetros de control: LEL (límite inferior de explosividad) UEL (Límite superior de explosividad). No aplicable

Límite permisible ponderado (LPP) y temporal (LPT): LPP 1.6 ppm, LPT 5 ppm.

Protección respiratoria: respirador aprobado por la NIOSH.

Guantes de protección: Usar guantes resistentes a ácidos y calor

Protección de la vista: Usar lentes de protección o según el caso máscara full-face.

Otros equipos de protección: Usar ropa adecuada de acuerdo a la emergencia.

Ventilación: Se debe contar con un lugar donde se tenga ventilación todo el tiempo, ya sea natural o forzada.

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado Físico	:	gas
Apariencia y color	:	incolore y sus vapores de olor desagradable
Concentración	:	99.9 %
pH	:	ácido, debido a la formación de ácidos.
Temperatura de descomposición	:	no datos.
Punto de inflamación	:	no posee.
Temperatura de autoignición	:	no posee
Propiedades explosivas	:	no posee
Peligros de fuego o explosión	:	no posee.
Velocidad de propagación de la llama	:	no datos disponibles
Presión de vapor a 20° C	:	2432 mm Hg
Densidad de vapor	:	2.26 (aire = 1)
Solubilidad en agua y otros solventes	:	22.8 % en agua. (soluble en alcoholes y mayoría de los solventes orgánicos)

SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad: Es estable en sus contenedores si permanecen en condiciones normales de presión y temperatura.

Condiciones que deben evitarse: humedad y temperatura.

Incompatibilidades (materiales que deben evitarse): Materiales susceptibles a ser corroídos y agentes oxidantes.

Productos peligrosos de la descomposición: Formación de ácido sulfuroso, ácido sulfúrico.

Productos peligrosos de la combustión: anhídrido sulfuroso y sulfúrico

Polimerización peligrosa: no ocurre

SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda: LD₅₀ inhalación ratas = 2520 mg/Kg.

Toxicidad crónica o de largo plazo: Personas expuestas a SO₂ presentan reiterados disturbios respiratorios y oculares.

Efectos locales: Sensibilización alérgica: inhalación conejos = 6 mg/4h.Efecto moderado en ojos (conejos).

SECCIÓN 12: INFORMACION ECOLOGICA

Inestabilidad: Descompone en presencia de humedad. Es altamente corrosivo cuando está húmedo debido a la formación de ácidos.

Persistencia / Degradabilidad: Es lentamente oxidable al aire, formando los respectivos óxidos y ácidos.

Bio-acumulación: En plantas existe una incorporación de azufre en sustancias fisiológicas.

Efectos sobre el ambiente: Afecta la acidez de las aguas.

SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION FINAL

Método de eliminación del producto en los residuos: los gases se disipan rápidamente, basta tener una buena aireación.

Eliminación de envases/embalajes contaminados: los envases se eliminan de acuerdo a la legislación vigente o según las regulaciones locales.

SECCIÓN 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

NCh 2190, marcas aplicables: gas tóxico
N° NU: 1079

SECCIÓN 15: NORMAS VIGENTES

Normas nacionales aplicables: 2190, NCh 382
Marca en etiqueta: Tóxico

SECCIÓN 16: OTRAS INFORMACIONES

Toda la información, recomendaciones y sugerencias que aquí aparecen relacionadas con nuestro producto, están basadas en pruebas y datos confiables; sin embargo, es responsabilidad del usuario determinar que el producto aquí descrito sea compatible con sus necesidades, desde el punto de vista de toxicidad y seguridad. Dado que el uso efectivo del producto por parte de terceros está fuera de nuestro control, no damos garantía expresa o implícita sobre los efectos de dicho uso, ni asumimos ninguna responsabilidad sobre el uso que terceros den al producto que aquí se describe.



ANEXO E

Tratamiento Brevipalpus Chilensis USA

Tratamientos aceptados por USA para *Brevipalpus chilensis*: ¹⁵

- T101-i-2-1 = Fumigación con Bromuro de Metilo para insectos con hábito de alimentación superficial y *Brevipalpus chilensis* en uva.

Temperature	Dosage Rate (lb/1,000 ft ³)	Minimum Concentration Readings (ounces) At:	
		0.5 hr	3 hrs
80 °F or above	1.5 lbs	19	14
70-79 °F	2 lbs	26	19
60-69 °F	2.5 lbs	32	24
50-59 °F	3 lbs	38	29
40-49 °F	4 lbs	48	38

- T101-n-2-1 = Fumigación con Bromuro de Metilo para insectos con hábitos de alimentación superficial y *Brevipalpus chilensis* en chirimoya, clementina, mandarina, naranja, pomelo y tangerina.

Temperature	Dosage Rate (lb/1,000 ft ³)	Minimum Concentration Readings (ounces) At:	
		0.5 hr	2 hrs
80 °F or above	1.5 lbs	19	14
70-79 °F	2 lbs	26	19
60-69 °F	2.5 lbs	32	24
50-59 °F	3 lbs	38	29

- T102-b = Tratamiento de agua jabonosa y cera para *Brevipalpus chilensis* en chirimoya.

1. Sumerja la fruta durante 20 segundos en baño de agua jabonosa (1 parte de jabón en 3000 partes de agua).
2. Saque del baño de jabón y con una ducha a presión enjuague para eliminar todos los restos de jabón en exceso.
3. Sumerja la fruta durante 20 segundos en una capa de cera sin diluir (como cera Johnson de recubrimiento de frutas). La capa de cera debe cubrir toda la superficie de la fruta.

- T102-b-2 = Tratamiento de agua jabonosa y cera para *Brevipalpus chilensis* en maracuyá.

Mismo procedimiento anterior.

- T104-a-1 = Fumigación con Bromuro de metilo para insectos acompañantes y aquellos con hábito de alimentación superficial incluyendo *Brevipalpus chilensis* en clementina, kiwi, mandarina, naranja, pomelo y tangerina.

Temperature	Dosage Rate (lb/1000 ft ³)	Minimum Concentration Readings (ounces) At:	
		0.5 hr	2 hrs
80 °F or above	1.5 lbs	19	14
70-79 °F	2 lbs	26	19
60-69 °F	2.5 lbs	32	24
50-59 °F	3 lbs	38	29
40-49 °F	4 lbs	48	38

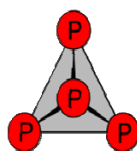
El tratamiento en frío está aprobado solamente para productos originarios o procedentes de áreas cuarentenadas de Chile por presencia de mosca del mediterráneo. Cuando se señala la opción de un tratamiento de fumigación después del tratamiento en frío, esta se puede realizar en Chile o en destino.

La inspección solo está autorizada para huertos certificados por SAG como de prevalencia de *Brevipalpus chilensis*.

ANEXO F

Tablas y Evaluaciones

F-1 Tratamientos con HDS



FOSFOQUIM

Tratamientos de Mitigación de Plagas con Fosfina Instalaciones Aprobadas para Tratamiento con TK-Gas Aplicado Exclusivamente con el Equipo HDS

Actualizado al: 26-08-2010

Región	Nombre de la Planta registrado SAG	Código SAG	Cámara de Fumigación	
			Identificación	Volumen (m3)
III	Agrícola U.A.C Ltda. (Del Monte Copiapo)	303	4	352
	Aconex Coquimbo	407	1	83
	Frigorífico Coquimbo	401	2	395
	Sociedad Agroindustrial y Frigorífico Sotaqui S.A.	446	4	487
			5	487
			1	178
			2	178
			3	178
IV	Unifrutti Coquimbo	404	4	178
	Agrocomercial Quillota S.A.	539	1	83
			3	83
			4	83
			5	83
	Agrofrutera Gioia Ltda.	530	2	215
	Aconex San Felipe	513	5	367
	Central frutícola La Palma S.A.	544	1	127
	Córpore Agrícola S.A.	579	1	83
	Dole San Felipe	510	4	226
			5	231
			6	181
	Del Monte San Felipe	507	1	416
			2	416
V	Exportadora Subsole Planta Hijuelas	575	1	233

RM	Aconex – Pudahuel	M-24	1	182
	Aconex - San Bernardo	M13	10	507
	C.F. Fatima	M-125	5	1109
	Del Monte Fresh Produce (CHILE) S.A. - Cerrillos	M01	1	352
			2	352
	Exportal	M06	13	174
	Frigofer S.A.	M107	E	477
	Frutauco S.A.	M146	5	428
	Frutec Curacavi	M27	1	83
			2	83
	Frutec Polpaico	M19	2	83
			1	83
	Exportadora Santa Cruz (Las Mercedes)	M29	1	130
			2	130
	Multifrio S.A.	M28	1	273
	David del Curto Paine C.F.Paine	M21	1	351
	Multifruta	M73	2	141
	Servicios Agroindustriales Subsole Isla de Maipo	M139	1	205
	Southern Fruit Planta Calera de Tango	M148	1	315
Unifrutti Planta Linderos	M07	13	2015	
		15	2015	
VI	Agrícola Lo Beltrán	6151	1	83
	Agrícola y Packing Cachapoal	630	1	83
	Agroelite Ltda.	605	1	83
	Central Fruticola Modelo Placilla	636	12A	772
	Central Fruticola Tuniche	6101	1	83
	Agrícola Santa Lucia Comercial FOP e Hijos Ltda	663	2	83
			1	83
	Del Monte Requinoa	619	1	360
			2	363
	Dole Chimbarongo	612	5	232
			6	232
	Dole Las Torres	616	2	213
			3	213
			4	213
			5	213
	El Porvenir Rapel	618	1	160
			2	262
Comercial Ateuro Pac Frigorífico El Trebol	6196	1	83	
Fresh Fruit	6195	1	213	

	Freshland Chile S.A.	671	5	492	
	Frusan S.A.	624	3	411	
	Frutal S.A.	626	1	83	
			2	83	
	Geoservice Ltda.	614	1	130	
	Los Nobles S.A.	6135	1	83	
	Packing Codegua S.A.	638	1	83	
	Packing Primavera	6205	1	350	
	Planta Los Lirios	637	1	83	
			2	83	
	Rio Blanco Graneros	669	1	200	
	San Diego	674	1	83	
			2	83	
	San Isidro	666	1	83	
	Servicios Agroindustriales Subsole El Olivar	613	2	180	
	Sofruco	610	1	83	
			38	1044	
	Verfut Los Lirios	606	1	213	
			2	207	
VII	Agroindustrial Frutasol S.A.	738	1	83	
			2	83	
		AMS Family Los Carros	711	1	83
		Andes Service S.A.	728	1	218
				2	218
		David del Curto Curico C.F. Luis Cruz	703	9	4802
		Copefrut Curico Cenfrut	701	7	1530
				8	297
		Copefrut Cenkiwi	710	1	137
		Copefrut Linares Cenlinares	714	19	1483
		Exportadora Frutifor Ltda.	776	1	83
		El Porvenir Longavi El Nevado	719	1	130
				2	130
		Frio Frut	724	1	350
		Frio – Rauquen	765	1	450
		Raul Narvaez Frunar	766	27	161
				28	161
		Frutera Tucapel Ltda.	748	1	83
		Agrizano Frutizano Ltda.	709	1	83
				2	83
		Industrial Solfrut	713	6	650
		Patricio Negrete Reyes	754	9	445

	749	1	83
Planta El Aromo (Agrisouth)	749	2	83
Quilvo Alto	772	1	242
Terramater S.A	735	1	83
Unifrutti Planta Linares	715	28	1065
		29	1065
Unifrutti Traders Ltda. - Planta Teno	707	28	1044
		29	1044
	TOTAL	112	39367

F-2 Base de Datos Aduana (Exportación de Uva a USA año 2009)

Suma de CANTIDAD_MERCANCIAS		
MES	ADUANA	Total (Kg)
01	CHANARAL	24.435.112,29
	COQUIMBO	47.143.052,16
	METROPOLITANA	5.544,00
	SAN ANTONIO	2.252.963,30
	VALPARAISO	10.166.375,58
02	CHANARAL	2.272.579,30
	COQUIMBO	33.717.280,26
	METROPOLITANA	8.404,00
	SAN ANTONIO	2.664.815,90
	VALPARAISO	72.605.721,96
03	CHANARAL	47.232,00
	COQUIMBO	15.889.461,69
	METROPOLITANA	3.892,00
	SAN ANTONIO	12.981.357,80
	VALPARAISO	127.651.659,18
04	COQUIMBO	2.791.287,90
	METROPOLITANA	3.024,00
	SAN ANTONIO	8.977.682,60
	VALPARAISO	66.335.931,87
05	COQUIMBO	34.636,80
	SAN ANTONIO	1.015.167,00
	TALCAHUANO	36.408,00
	VALPARAISO	3.355.601,39
06	SAN ANTONIO	69.126,00
	VALPARAISO	584.086,80
07	VALPARAISO	55.104,00
08	VALPARAISO	167.785,20
09	VALPARAISO	787,20
11	SAN ANTONIO	121.032,00
	VALPARAISO	224.224,00
12	CHANARAL	16.367.921,10
	COQUIMBO	14.833.888,00
	SAN ANTONIO	184.992,00
	VALPARAISO	758.521,80
Total general		467.762.659,09

F-3 Tratamientos y Pallet Fumigación Temporada 2009-2010

Empresa	Volumen Cámara	Pallets x Tratamiento
Agricola Lo Beltran S.A.	83	20,00
Agricola U.A.C. Ltda.	352	46,47
Agricola y Packing Cachapoal S.A.	83	19,43
Agroelite Ltda.	83	17,96
Central Fruticola La Palma S.A.	127	20,00
Comercial Greenvic S.A. Placilla	772	82,00
Comercial Rio Blanco Ltda. Graneros	200	33,60
Copefrut S.A. Linares	1483	209,00
Corpora Agricola S.A.	83	20,00
David del Curto S.A. Fatima	1109	154,90
David del Curto S.A. Paine	351	57,17
Elizabeth Gonzalez Montealegre	450	62,44
Exportadora Aconcagua Ltda.(Aconex) Pudahuel	182	21,50
Exportadora Aconcagua Ltda.(Aconex) San Bernardo	507	48,67
Exportadora Talagante Ltda.	174	28,04
Exportadora Unifrutti Traders Ltda. Requinoa	1044	190,69
Fresh Land Chile S.A.	492	78,25
Frigofer S.A.	477	22,50
Frigorifico Coquimbo S.A.	395	54,53
Frumel S.A.	213	23,86
Frutauco S.A.	428	38,37
Industrial Solfrut Ltda.	650	120,86

Leslie Gonzalez Velasquez	350	51,75
Los Nobles S.A.	83	20,00
Multifrio S.A.	273	42,29
Multifruta S.A.	141	22,14
Packing Codegua S.A.	83	18,57
Packing Primavera Ltda	350	62,89
Patricio Negrete Reyes	450	76,80
Servicios Agroindustriales Subsole S.A. El Olivar	180	34,33
Servicios Agroindustriales Subsole S.A. Hijuelas	233	38,83
Sociedad Comercial Quilvo Alto Ltda.	242	42,73
Southern Fruit S.A.	315	35,00
Tuniche Fruits S.A.	83	15,29

F-4 Detalle de Requerimientos de Cámaras por Zonas

▪ Zona Norte

MESES	Kg Uva	Cajas Uva	Pallet
1	71.578.164,45	8.729.044,45	87.290
2	35.989.859,56	4.389.007,26	43.890
3	15.936.693,69	1.943.499,23	19.435
4	2.791.287,90	340.400,96	3.404
5	34.636,80	4.224,00	42
6	0,00	0,00	0
7	0,00	0,00	0
8	0,00	0,00	0
9	0,00	0,00	0
10	0,00	0,00	0
11	0,00	0,00	0
12	31.201.809,10	3.805.098,67	38.051

Total Anual 157.532.451,50 19.211.275 192.113

Volumen m ³ (Pallet)	m ³ disponibles en cámaras	Ciclo/mes	Pallet/ciclo
644.666	2.516	3	29.097
324.131	2.516	3	14.630
143.518	2.516	3	6.478
25.120	2.516	3	1.135
292	2.516	1	42
0	2.516	0	0
0	2.516	0	0
0	2.516	0	0
0	2.516	0	0
0	2.516	0	0
0	2.516	0	0
281.007	2.516	3	12.684

1.418.734 40.256 16

m³ adicionales mensuales	m³ a adicionar/ciclo	Cámaras Adicionales de 500 m³	Cámaras Adicionales de 4000 m³
637.118	212.373	425	53
316.583	105.528	211	26
135.970	45.323	91	11
17.572	5.857	12	1
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
273.459	91.153	182	23

1.380.702

▪ **Zona Centro**

MESES	Kg Uva	Caja Uva	Pallet
1	12.424.882,88	1.515.229,62	15.152
2	75.278.941,86	9.180.358,76	91.804
3	140.636.908,99	17.150.842,56	171.508
4	75.316.638,47	9.184.955,91	91.850
5	4.407.176,39	537.460,54	5.375
6	653.212,80	79.660,10	797
7	55.104,00	6.720,00	67
8	167.785,20	20.461,61	205
9	787,20	96,00	1
10	0,00	0,00	0
11	345.256,00	42.104,39	421
12	943.513,80	115.062,66	1.151

Total Anual

310.230.207,59

37.832.952

378.330

Volumen m3 (Pallet)	m3 disponibles en cámaras	Ciclo/mes	Pallet/ciclo
111.888	36.851	3	5.051
677.998	36.851	3	30.601
1.266.660	36.851	3	57.169
678.337	36.851	3	30.617
39.674	36.851	1	5.375
5.863	36.851	1	797
476	36.851	1	67
1.491	36.851	1	205
0	36.851	1	1
0	36.851	0	0
3.090	36.851	1	421
8.478	36.851	1	1.151

2.793.955

442.212

19

m ³ a adicionar	m ³ a adicionar/ciclo	Cámaras Adicionales de 500 m3	Cámaras Adicionales de 4000 m3
1.335	445	1	0
567.445	189.148	378	47
1.156.107	385.369	771	96
567.784	189.261	379	47
2.823	2.823	6	1
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

2.295.494

F-5 Consideraciones en Alternativas de Fumigación

Cámara Adaptada para Fosfina 15,2 x 5,2 x 3,6 m

Partes/Equipos/Servicios	Valor (\$)
Partes y Equipos	30.522.887
Sistema de termometría y eventos	1.428.040
General Parte Eléctrica	1.250.000
Servicios de Estudio, Ingeniería Básica y Detalles	2.149.246
Servicios de Mano de Obra en Construcción y Montaje	6.738.359
Servicios de Puesta en Servicio, Marcha Blanca, Capacitación e Ingeniería AS BUILT	602.938
TOTAL NETO	42.691.470
IVA (19%)	8.111.379
TOTAL	50.802.849

Escalamiento por Capacidad:

$$C_2 = C_1 \cdot \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^x$$

C_1 = Costo Capacidad Q_1

C_2 = Costo Capacidad Q_2

x = Exponente para Equipos de Procesos ¹⁶

$x = 0,7$ (Unidad de Refrigeración)

Cámara de Fumigación de PH₃ (500 m³) = \$63.430.374 + IVA

Cámara de Fumigación de PH₃ (4000 m³) = \$271.931.970 + IVA

Adaptaciones para Fosfina (284 m³) = \$6.571.081 + IVA

Valor Dólar (23 de Agosto 2010) = \$507,80

IVA = 19%

Fumigación Bromuro de Metilo = 25 centavos/caja

Fumigación Fosfina = US\$ 1,5 /m³ = 10,7 centavos/caja

TMAR = 8% anual

Valor Presente: $VP = \frac{VF}{(1 + I)^n}$

Costo Capitalizado: $CC = VP_{NR} + CC_R$

Capacidad Cámaras de frío no adaptadas (m³) = 2.585.100

Capacidad Cámaras de frío no adaptadas Zona Norte (m³) = 165.187

Capacidad Cámaras de frío no adaptadas Zona Centro (m³) = 2.419.913

▪ **Bromuro de Metilo**

Año	0	1	2	3
Precio Fumigación (mUS\$)	0	14.261,06	14.261,06	14.261,06

4	5	6	7	8	9
14.261,06	14.261,06	14.261,06	14.261,06	14.261,06	14.261,06

10	11	12	13	14	15
14.261,06	14.261,06	14.261,06	14.261,06	14.261,06	14.261,06

V.P (15 años)	mUS\$ 122.067,21
V.P (10 años)	mUS\$ 95.692,85
V.P (5 años)	mUS\$ 56.940,26
CC	mUS\$ 178.263,21

▪ **Fosfina (Cámaras de 500 m³)**

Año	0	1	2	3
-----	---	---	---	---

Precio Fumigación mUS\$		6.103,73	6.103,73	6.103,73
Inversión Cámaras mUS\$	177.779,92			

4	5	6	7	8	9
6.103,73	6.103,73	6.103,73	6.103,73	6.103,73	6.103,73

10	11	12	13	14	15
6.103,73	6.103,73	6.103,73	6.103,73	6.103,73	6.103,73

V.P (15 años)	mUS\$ 230.024,69
V.P (10 años)	mUS\$ 218.736,46
V.P (5 años)	mUS\$ 202.150,36
CC	mUS\$ 254.076,58

- **Fosfina (Cámaras de 4000 m³)**

Año	0	1	2	3
Precio Fumigación mUS\$		6.103,73	6.103,73	6.103,73
Inversión Cámaras mUS\$	94.951,28			

4	5	6	7	8	9
6.103,73	6.103,73	6.103,73	6.103,73	6.103,73	6.103,73

10	11	12	13	14	15
6.103,73	6.103,73	6.103,73	6.103,73	6.103,73	6.103,73

V.P (15 años)	mUS\$ 147.196,04
V.P (10 años)	mUS\$ 135.907,82
V.P (5 años)	mUS\$ 119.321,71
CC	mUS\$ 171.247,93

- **Adaptación del 10% de las Cámaras de Frío:**

▪

	Volumen Total (m3)	m3 adaptados	m3 Adaptar	Cámaras Adicionales	Inversión mUS\$
Norte	214.888,59	2.516,00	16.518,74	49	31.467,00
Centro	422.219,90	36.851,00	241.991,26	36	24.575,22
TOTAL	637.108,49	39.367,00	258.510,00	85	56.042,22

▪ Adaptación del 100% de las Cámaras de Frío necesarias:

	Volumen Total (m3)	m3 adaptados	m3 Adaptar	Cámaras Adicionales	Inversión mUS\$
Norte	214.888,59	2.516,00	165.187,44	12	8.843,90
Centro	422.219,90	36.851,00	385.368,90	0	2.400,39
TOTAL	637.108,49	39.367,00	550.556,34	12	11.244,29

F-6 Consideraciones Evaluación Económica

Costos Reactivos:

Fosfina (US\$/Kg)	240
Nitrógeno (US\$/ton)	100

Inyección:

Concentración Teórica (ppm)	300
Concentración Real (ppm)	774

Relación N₂/PH₃:

Nitrógeno	0,1
Fosfina	0,9

Sueldo Fumigador (US\$)	1090
--------------------------------	------

Transporte:

Precio Diesel (US\$/litro)	1,02
Gasto Transporte (Km/m ³)	0,13
Peajes (US\$/Km)	0,0197
Rendimiento Camioneta (Km/l)	10

Camionetas:

Valor Unitario (US\$)	22.180,68
Mantenimiento (10.000 Km) (US\$)	303,27
Carro de Arrastre (US\$)	1.831,43

HDS

Valor Unitario (US\$)	40.000,00
-----------------------	-----------

Mantenimiento Anual por equipo (US\$)	1500
---------------------------------------	------

Monitor Fosfina

Valor Unitario (US\$)	6.000,00
-----------------------	----------

Depreciación Lineal Vehículos 20% Anual:

Año	V.S (US\$)
1	22.180,68
2	17.744,55
3	14.195,64
4	11.356,51
5	9.085,21

Depreciación US\$ 2.619,09

Depreciación Lineal Carros 10% Anual:

Año	V.S (US\$)
1	1.831,43
2	1.465,14
3	1.172,12
4	937,69
5	750,15

Depreciación US\$ 216,26

Depreciación Lineal HDS 10% Anual:

Año	V.S (US\$)
1	40.000,00
2	32.000,00
3	25.600,00

4	20.480,00
5	16.384,00

Depreciación US\$ 4.723,20

Depreciación Lineal Monitores 10% Anual:

Año	V.S (US\$)
1	6.000,00
2	4.800,00
3	3.840,00

Depreciación US\$ 1.200,00

Relaciones:

1 día → 5 fumigaciones → 3000 m³ → 3 hombres

Detalle:

MESES	Zona Norte (m ³)	Zona Centro (m ³)	Total País (m ³)	m ³ Nitrógeno	m ³ Fosfina
1	644.665,76	111.887,70	756.553,46	65,07	585,62
2	324.131,25	677.997,68	1.002.128,94	86,19	775,71
3	143.517,66	1.266.659,71	1.410.177,37	121,29	1091,57
4	25.120,45	678.337,21	703.457,65	60,50	544,52
5	292,01	39.674,33	39.966,34	3,44	30,94
6	0,00	5.863,37	5.863,37	0,50	4,54
7	0,00	476,36	476,36	0,04	0,37
8	0,00	1.491,25	1.491,25	0,13	1,15
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	3.089,68	3.089,68	0,27	2,39
12	281.006,54	8.478,03	289.484,57	24,90	224,08

Anual	1.418.734	2.793.955	4.212.689	362,32	3.260,90
--------------	------------------	------------------	------------------	---------------	-----------------

moles Nitrógeno	moles Fosfina	Ton Nitrógeno	Kg Fosfina	US\$ Nitrógeno	US\$ Fosfina
2.904,87	26.143,87	0,081	888,89	8,13	213.334,01
3.847,79	34.630,11	0,108	1.177,42	10,77	282.581,72
5.414,54	48.730,86	0,152	1.656,85	15,16	397.643,79
2.701,01	24.309,07	0,076	826,51	7,56	198.361,98
153,46	1.381,10	0,004	46,96	0,43	11.269,77
22,51	202,62	0,001	6,89	0,06	1.653,36
1,83	16,46	0,000	0,56	0,01	134,32
5,73	51,53	0,000	1,75	0,02	420,50
0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00
11,86	106,77	0,000	3,63	0,03	871,23
1.111,51	10.003,59	0,031	340,12	3,11	81.629,27
16.175,11	145.575,97	0,453	4.949,58	45,29	1.187.899,95

	Cantidad
Hombres	71
Camionetas	48
Carros de Arrastre	24
HDS	24
Monitores	470

Recorrido Anual por Camioneta (Km)	96.000
N° de Mantenciones por Camioneta	9,6

	US\$
Costo Anual Hombres	928.680
Inversión Camionetas	1.064.672,71
Inversión Carros de Arrastre	43.954,31
Inversión HDS	960.000
Inversión Monitores	2.820.354,73
Costo Anual Bencina (1 Vehículo)	9.811,74
Costo Anual Peajes (1 Vehículo)	1.890,51
Costo Anual Mantención Camionetas (1 Vehículo)	2.911,38

F-7 Análisis de Sensibilidad

- Disminución de Fumigación en un 20%

Año		0	1	2
INGRESOS				
Ingresos por Fumigación	+		6.103.732,26	4.882.985,81
EGRESOS				
Reactivos (Fosfina)	-		1.187.899,95	950.319,96
Reactivos (Nitrógeno)	-		45,29	36,23
Mano de Obra (Fumigadores)	-		928.680,00	742.944,00
Transporte (Bencina y Peajes)	-		561.707,76	449.366,21
Mantenición Vehículos	-		139.746,36	111.797,09
Mantenición HDS	-		36.000,00	28.800,00
Gastos Administrativos (25%)	-		951.359,79	822.999,83
Utilidad Operacional	=	0	2.298.293,11	1.776.722,49
Depreciación	-		808.263,59	808.263,59
Venta Activo	+			
Ingresos Gravables	=	0	1.490.029,52	968.458,90
Impuesto (17%)	-	0	253.305,02	164.638,01
Utilidad Neta	=	0	1.236.724,50	803.820,88
Depreciación	+		808.263,59	808.263,59
Inversión				
HDS	-	960.000,00		
Vehículos y Carros	-	1.108.627,02		

Monitores	-	2.820.354,73		
F.C.N	=	-4.888.981,75	2.044.988,09	1.612.084,48

Año		3	4	5	6
INGRESOS					
Ingresos por Fumigación	+	4.882.985,81	4.882.985,81	4.882.985,81	4.882.985,81
EGRESOS					
Reactivos (Fosfina)	-	950.319,96	950.319,96	950.319,96	950.319,96
Reactivos (Nitrógeno)	-	36,23	36,23	36,23	36,23
Mano de Obra (Fumigadores)	-	742.944,00	742.944,00	742.944,00	742.944,00
Transporte (Bencina y Peajes)	-	449.366,21	449.366,21	449.366,21	449.366,21
Mantenición Vehículos	-	111.797,09	111.797,09	111.797,09	111.797,09
Mantenición HDS	-	28.800,00	28.800,00	28.800,00	28.800,00
Gastos Administrativos (25%)	-	822.999,83	822.999,83	822.999,83	822.999,83
Utilidad Operacional	=	1.776.722,49	1.776.722,49	1.776.722,49	1.776.722,49
Depreciación	-	808.263,59	808.263,59	808.263,59	808.263,59
Venta Activo	+	1.804.800,00		847.309,54	1.804.800,00
Ingresos Gravables	=	2.773.258,90	968.458,90	1.815.768,44	2.773.258,90
Impuesto (17%)	-	471.454,01	164.638,01	308.680,63	471.454,01
Utilidad Neta	=	2.301.804,88	803.820,88	1.507.087,80	2.301.804,88
Depreciación	+	808.263,59	808.263,59	808.263,59	808.263,59
Inversión					
HDS	-			960.000,00	
Vehículos y Carros	-			1.108.627,02	
Monitores	-	2.820.354,73			2.820.354,73

F.C.N	=	289.713,74	1.612.084,48	246.724,38	289.713,74

Año		7	8	9	10
INGRESOS					
Ingresos por Fumigación	+	4.882.985,81	4.882.985,81	4.882.985,81	4.882.985,81
EGRESOS					
Reactivos (Fosfina)	-	950.319,96	950.319,96	950.319,96	950.319,96
Reactivos (Nitrógeno)	-	36,23	36,23	36,23	36,23
Mano de Obra (Fumigadores)	-	742.944,00	742.944,00	742.944,00	742.944,00
Transporte (Bencina y Peajes)	-	449.366,21	449.366,21	449.366,21	449.366,21
Mantención Vehículos	-	111.797,09	111.797,09	111.797,09	111.797,09
Mantención HDS	-	28.800,00	28.800,00	28.800,00	28.800,00
Gastos Administrativos (25%)	-	822.999,83	822.999,83	822.999,83	822.999,83
Utilidad Operacional	=	1.776.722,49	1.776.722,49	1.776.722,49	1.776.722,49
Depreciación	-	808.263,59	808.263,59	808.263,59	808.263,59
Venta Activo	+			1.804.800,00	847.309,54
Ingresos Gravables	=	968.458,90	968.458,90	2.773.258,90	1.815.768,44
Impuesto (17%)	-	164.638,01	164.638,01	471.454,01	308.680,63
Utilidad Neta	=	803.820,88	803.820,88	2.301.804,88	1.507.087,80
Depreciación	+	808.263,59	808.263,59	808.263,59	808.263,59
Inversión					
HDS	-				
Vehículos y Carros	-				
Monitores	-			2.820.354,73	

F.C.N	=	1.612.084,48	1.612.084,48	289.713,74	2.315.351,39

▪ **Disminución de Fumigación en un 50%**

Año		0	1	2
INGRESOS				
Ingresos por Fumigación	+		6.103.732,26	3.051.866,13
EGRESOS				
Reactivos (Fosfina)	-		1.187.899,95	593.949,98
Reactivos (Nitrógeno)	-		45,29	22,65
Mano de Obra (Fumigadores)	-		928.680,00	464.340,00
Transporte (Bencina y Peajes)	-		561.707,76	280.853,88
Mantenión Vehículos	-		139.746,36	69.873,18
Mantenión HDS	-		36.000,00	18.000,00
Gastos Administrativos (25%)	-		951.359,79	750.013,17
Utilidad Operacional	=	0	2.298.293,11	874.813,28
Depreciación	-		808.263,59	808.263,59
Venta Activo	+			
Ingresos Gravables	=	0	1.490.029,52	66.549,69
Impuesto (17%)	-	0	253.305,02	11.313,45
Utilidad Neta	=	0	1.236.724,50	55.236,24
Depreciación	+		808.263,59	808.263,59
Inversión				
HDS	-	960.000,00		
Vehículos y Carros	-	1.108.627,02		

Monitores	-	2.820.354,73		
F.C.N	=	4.888.981,75	2.044.988,09	863.499,83

Año		3	4	5	6
INGRESOS					
Ingresos por Fumigación	+	3.051.866,13	3.051.866,13	3.051.866,13	3.051.866,13
EGRESOS					
Reactivos (Fosfina)	-	593.949,98	593.949,98	593.949,98	593.949,98
Reactivos (Nitrógeno)	-	22,65	22,65	22,65	22,65
Mano de Obra (Fumigadores)	-	464.340,00	464.340,00	464.340,00	464.340,00
Transporte (Bencina y Peajes)	-	280.853,88	280.853,88	280.853,88	280.853,88
Mantenimiento Vehículos	-	69.873,18	69.873,18	69.873,18	69.873,18
Mantenimiento HDS	-	18.000,00	18.000,00	18.000,00	18.000,00
Gastos Administrativos (25%)	-	750.013,17	750.013,17	750.013,17	750.013,17
Utilidad Operacional	=	874.813,28	874.813,28	874.813,28	874.813,28
Depreciación	-	808.263,59	808.263,59	808.263,59	808.263,59
Venta Activo	+	1.804.800,00		847.309,54	1.804.800,00
Ingresos Gravables	=	1.871.349,69	66.549,69	913.859,23	1.871.349,69
Impuesto (17%)	-	318.129,45	11.313,45	155.356,07	318.129,45
Utilidad Neta	=	1.553.220,24	55.236,24	758.503,16	1.553.220,24
Depreciación	+	808.263,59	808.263,59	808.263,59	808.263,59
Inversión					
HDS	-			960.000,00	

Vehículos y Carros	-			1.108.627,02	
Monitores	-	2.820.354,73			2.820.354,73
F.C.N	=	-458.870,90	863.499,83	-501.860,27	-458.870,90

Año		7	8	9	10
INGRESOS					
Ingresos por Fumigación	+	3.051.866,13	3.051.866,13	3.051.866,13	3.051.866,13
EGRESOS					
Reactivos (Fosfina)	-	593.949,98	593.949,98	593.949,98	593.949,98
Reactivos (Nitrógeno)	-	22,65	22,65	22,65	22,65
Mano de Obra (Fumigadores)	-	464.340,00	464.340,00	464.340,00	464.340,00
Transporte (Bencina y Peajes)	-	280.853,88	280.853,88	280.853,88	280.853,88
Mantenimiento Vehículos	-	69.873,18	69.873,18	69.873,18	69.873,18
Mantenimiento HDS	-	18.000,00	18.000,00	18.000,00	18.000,00
Gastos Administrativos (25%)	-	750.013,17	750.013,17	750.013,17	750.013,17
Utilidad Operacional	=	874.813,28	874.813,28	874.813,28	874.813,28
Depreciación	-	808.263,59	808.263,59	808.263,59	808.263,59
Venta Activo	+			1.804.800,00	847.309,54
Ingresos Gravables	=	66.549,69	66.549,69	1.871.349,69	913.859,23
Impuesto (17%)	-	11.313,45	11.313,45	318.129,45	155.356,07
Utilidad Neta	=	55.236,24	55.236,24	1.553.220,24	758.503,16
Depreciación	+	808.263,59	808.263,59	808.263,59	808.263,59
Inversión					

HDS	-				
Vehículos y Carros	-				
Monitores	-			2.820.354,73	
F.C.N	=	863.499,83	863.499,83	-458.870,90	1.566.766,75