

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE



**Factibilidad económica y metodológica en la elaboración de caldos minerales para su
implementación en sistemas productivos agroecológicos**

POR

LUIS ROBERTO REYES ABREGO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE



**Factibilidad económica y metodológica en la elaboración de caldos minerales para su
implementación en sistemas productivos agroecológicos**

POR

LUIS ROBERTO REYES ABREGO

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL DE 2025

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

M.SC. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO

MSC. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

SECRETARIO

INGENIERO MSC. EDGAR GEOVANY REYES MELARA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

ING. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENCIO

DOCENTES DIRECTORES

ING. AGR. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENCIO

ING. AGR. JUAN GERARDO MARROQUÍN REINA

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION DEL DEPARTAMENTO DE
RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE**

ING. AGR. JUAN GERARDO MARROQUÍN REINA

RESUMEN

El estudio "Factibilidad económica y metodológica en la elaboración de caldos minerales para su implementación en sistemas productivos agroecológicos" se realizó dentro de la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador entre agosto de 2024 y enero de 2025. Su objetivo fue analizar y comparar los costos y beneficios de los caldos minerales JADAM Sulfur, silicosulfocalcico, ceniza y visosa frente a opciones comerciales sintéticas. Finalmente, se concluyó que los caldos minerales representan una opción económica para los productores, con beneficios similares sin dañar el ambiente como los productos sintéticos.

Palabras claves: Caldos minerales, factibilidad económica, agroecología.

SUMMARY

The study "Economic and Methodological Feasibility in the Production of Mineral Broths for Implementation in Agroecological Production Systems" was conducted at the Experimental and Practice Station of the University of El Salvador between August 2024 and January 2025. Its objective was to analyze and compare the costs and benefits of mineral broths JADAM Sulfur, silico-sulfocalcic, ash, and visosa against synthetic commercial options. Finally, it was concluded that mineral broths represent an economical option for producers, offering similar benefits without the environmental damage associated with synthetic products.

Keywords: Mineral broths, economic feasibility, agroecology.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres y a toda mi familia, que me apoyaron en cada paso a través del camino. Por su amor incondicional y apoyo incesante. Sin ellos, no habría llegado hasta aquí. Por su ánimo, que me impulso a seguir adelante sin importar los inconvenientes. Agradezco a mis tutores, quienes me guiaron y brindaron ayuda durante el proceso. Por su concejo invaluable, guiando mis esfuerzos a mejorar. Agradezco a la facultad de ciencias agronómicas de la universidad de el salvador, por brindarme la oportunidad de avanzar. Por abrir sus puertas y darme la posibilidad de adentrar más en mis estudios.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVOS	2
2.1.	Objetivo general:.....	2
2.2.	Objetivos específicos:.....	2
3.	ESTADO DEL ARTE	3
4.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
4.1.	Caldos minerales	5
4.2.	Efectos de los elementos en las plantas	5
4.2.1	Azufre	5
4.2.2	Calcio.....	5
4.2.3	Zinc.....	6
4.2.4	Potasio.....	7
4.2.5	Magnesio.....	7
4.2.6	Boro.....	8
4.2.7	Cobre.....	8
4.3.	Caldos minerales	9
4.3.1	JADAM Sulfur.....	9
4.3.2	Caldo visosa.....	9
4.3.3	Caldo ceniza.....	9
4.3.4	Caldo silicosulfocalcico.....	10
4.3.5	Caldo bordelés.....	10
5.	METODOLOGÍA.....	11
5.1.	Ubicación.....	11
5.2.	Fase de gabinete	11
5.3.	Establecimiento de ensayo	12
5.4.	JADAM Sulfur.....	13
5.5.	Caldo visosa.....	15
5.6.	Caldo ceniza.....	17
5.7.	Caldo bordelés.....	19
5.8	Caldo silicosulfocalcico.....	19

5.9 Análisis de datos.....	21
6. ANALISIS DE RESULTADOS.....	23
6.1 Investigación de precios.....	24
6.2 Análisis económico.....	24
7. CONCLUSIONES	29
8. RECOMENDACIONES	30
9. BIBLIOGRAFÍA.....	31
10. ANEXOS	33

Indice de tablas

Tabla 1 Costos de materiales	12
Tabla 2 Costos de equipo	12
Tabla 3 Costos JADAM Sulfur	14
Tabla 4 Costos caldo visosa	16
Tabla 5 Costos caldo ceniza.....	19
Tabla 6 Distribución de materiales bordelés.....	19
Tabla 7 Costos caldo silicosulfocalcico	21
Tabla 8 Costos por litro caldos	23
Tabla 9 Costos por litro sintético	24
Tabla 10 Consideraciones metodológicas.....	26

1. INTRODUCCIÓN

La tesina toca de forma breve los métodos de elaboración de distintos tipos de caldos minerales, los beneficios que pueden brindar con su aplicación, y que tipo de problemáticas pueden ayudar a solucionar. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) estima que las plagas y enfermedades destruyen hasta el 40 % de la producción agrícola mundial cada año, debido al impacto del cambio climático. (Ronquillo 2022)

El Equipo de Naciones Unidas de Evaluación y Coordinación de Desastres (UNDAC), afirman lo siguiente: [...] A nivel global, El Salvador se destaca por presentar el 88.7 % de su territorio como área de riesgo y por tener la más alta tasa porcentual de población bajo riesgo (95.4 %). Este estudio demuestra que, en realidad, el país es altamente vulnerable a los fenómenos naturales, afectando el funcionamiento cotidiano de la población. (Sorto 2023)

El trabajo se realizó dentro de la Estación Experimental y de Practicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el municipio de San Luis Talpa, La Paz, km. 57 de la carretera del Litoral, El Salvador. Coordenadas 13.472194, -89.097242. Su elaboración fue durante el periodo de agosto de 2024 a febrero de 2025. Los objetivos del trabajo fueron: Determinar la factibilidad económica y metodología de los distintos métodos de preparación de caldos minerales, basando en la determinación de beneficios, costos de elaboración y factibilidad metodología para dicha elaboración.

La metodología se dividió en dos: una fase de gabinete en donde se revisó de forma bibliográfica los métodos de elaboración de los caldos minerales a elaborar, y una fase de campo en donde se puso a prueba las metodologías investigadas. Finalizadas estas, se procedió a realizar un análisis de resultados, comparando los costos de elaboración con productos de origen sintético que cubren el mismo rol de tratamiento preventivo. De los resultados, pudimos concluir que los caldos minerales representan una opción de bajo costo y accesible para los agricultores de bajos recursos, cumpliendo una función preventiva que protege sus cultivos ante posibles ataques de plagas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

- Determinar la factibilidad económica y metodología de los distintos métodos de preparación de caldos minerales.

2.2. Objetivos específicos:

- Definir beneficios y desventajas presentes en la elaboración y aplicación de los caldos minerales según la metodología de cada uno.
- Comparar costos de insumos en la elaboración de los caldos minerales.
- Evaluar la disponibilidad de materiales a utilizar, así como la factibilidad de elaboración de los distintos tipos de caldos minerales a elaborar.

3. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad, los caldos minerales siguen siendo investigados en variedades de trabajos escritos, en los cuales buscan comprobar hipótesis con respecto a la efectividad de la aplicación de estos caldos en el combate de enfermedades.

Sánchez Olaya et al, (2023) puso a prueba 4 tratamientos con respecto al caldo sulfocálcico al 10% de concentración, a fin de controlar *Capnodium sp.* en cítricos. Con base en los resultados obtenidos, ellos aceptaron la hipótesis inicial que indica que el caldo sulfocálcico es una alternativa para el control de *Capnodium sp.*, concluyendo que, en mandarina, la severidad y la incidencia de fumagina puede ser reducida en un 28% y 42%, respectivamente, cuando se realizan cuatro aplicaciones de caldo sulfocálcico al 10 % junto con poda de saneamiento en el estadio fenológico de reposo vegetativo del árbol.

La Facultad de Recursos Naturales y Medio Ambiente (FARENA) de la Universidad Bluefields Indian & Caribbean (2017) utilizaron cinco tratamientos y el registro de variables fitosanitarias y fenológicas a fin de conocer la acción de control y la afectación al desarrollo de la planta. La aplicación Caldo Sulfacalcio (T1) y Biofertilizante (T2), y las combinaciones de estos (T3) caldos pudieron prevenir la propagación de los patógenos causantes del mal del talluelo o Damping off, Tizón Foliar y Bacteriosis post germinación a las demás plantas, teniendo como resultado ($P\text{-valor} > 0.05$). Los caldos minerales y biofertilizantes y sus mezclas ensayadas en esta investigación reducen la incidencia del mal del talluelo (Damping off) en Pino Caribe (*Pinus caribaea*), en condiciones post-emergente de plántulas.

Salazar, C.M. (2023) evaluó 3 caldos minerales y un testigo químico para el control del ácaro blanco en el cultivo de lima tahiti, con la finalidad de determinar el porcentaje de disminución del ácaro según la aplicación de cada tratamiento. Los tratamientos utilizados usaron concentraciones de (1) caldo sulfopotásico 0,8 L/ha, (2) Caldo sulfocálcico, a una dosis de 12 L/ha, (3) abamectina (Abamectina del Monte 1,8 EC, Del Monte Agrosiences Colombia) con una dosificación de 0,6 L/ha y por último (4) caldo sulfocálcico + tierra de diatomeas a una dosis de 12 L/ha y 12 kg/ha, respectivamente. Salazar obtuvo resultados que apuntan a la

utilización de caldo sulfopotásico para controlar acaros, debido a que el porcentaje de eficacia de control fue del 79%, a comparación del testigo químico, ya que el testigo químico tuvo una eficacia de control del 82%. Adicionalmente se concluyó que el costo de producción del caldo sulfopotásico es menor que la aplicación química. En este orden de ideas el caldo sulfopotásico se presenta como una excelente alternativa de control del ácaro blanco.

Finalmente, Echeverri et al (2007) trabajaron en la evaluación de productos fungicidas a base de cobre a fin de controlar la enfermedad antracnosis, que permita la implementación de un manejo sostenible del cultivo de Tomate de Árbol. En parcelas establecidas y en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, aplicaron oxiclóruo de cobre, hidróxido de cobre, caldo bórdeles y mancozeb. Los productos se aplicaron cada vez que se acumulaban 25mm de lluvia o en su defecto una aplicación semanal. El análisis de varianza determinó que caldo bórdeles (10cc/L) y mancozeb (3g/L) presentaron un efecto sobre la disminución del patógeno (*C. gloeosporioides*) en frutos de tomate.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. Caldos minerales

Los caldos minerales son un insumo dentro del manejo orgánico de los cultivos y huertos familiares, que se definen como soluciones que contienen minerales y otros elementos que son absorbidos por la planta. Algunos pueden ser absorbidos como nutrientes, mientras que otros bloquean metales pesados y estimulan el crecimiento de raíces; también pueden usarse en combinaciones con otros caldos; a base de minerales como el cobre, azufre, calcio, permanganato, entre otros. (Félix 2008)

Se conocen 4 tipos de caldos: visosa, bórdeles, sulfocálcico y ceniza. Los caldos sulfocálcicos y caldos cenizos son los más fáciles de elaborar y, por los materiales e insumos que se emplean, son los de menor costo. (Reynaga 2010)

4.2. Efectos de los elementos en las plantas

4.2.1 Azufre. El papel del azufre en la resistencia de los cultivos contra las enfermedades fúngicas se hizo evidente a fines de la década de 1980 cuando las deposiciones de azufre atmosférico se redujeron tanto debido a las leyes de aire limpio que la deficiencia de azufre se convirtió en un trastorno nutricional generalizado en la agricultura de Europa occidental y la infección de los cultivos con ciertas enfermedades se hizo cada vez más evidente, principalmente en Escocia y Alemania. (Künstler A. 2020)

El azufre desempeña un papel importante en diferentes procesos metabólicos bajo condiciones fisiológicas normales, así como en diferentes condiciones de estrés. El azufre es el constituyente de varios compuestos como aminoácidos (cisteína y metionina), vitaminas (tiamina y biotina), coenzimas, sistema tioredoxina, glutatión, ácidos lipoicos y glucosinolatos que participan directa o indirectamente en mejorar los efectos adversos de diferentes tipos de estrés biótico y abiótico. Además, los compuestos que contienen azufre también actúan como antioxidantes que modulan directamente el sistema de defensa antioxidante para salvar a las plantas del estrés biótico. (Narayan 2022)

4.2.2 Calcio. El calcio es un nutriente esencial para las plantas. Como catión divalente (Ca^{2+}), es necesario para funciones estructurales en la pared celular y las membranas, como un

contra-cación para los aniones inorgánicos y orgánicos en la vacuola, y como un mensajero intracelular en el citosol. La deficiencia de calcio es rara en la naturaleza, pero el exceso de calcio restringe las comunidades vegetales en suelos calcáreos. El calcio es absorbido por las raíces de la solución del suelo y entregado al brote a través del xilema. (White 2003)

Las raíces toman el calcio del suelo en forma iónica, y su absorción depende de factores exógenos y endógenos. Entre los primeros destacan los del suelo: contenido de agua, pH, grado de aireación, temperatura, concentración de calcio ionizado (Ca^{++}) y proporción de otros elementos. De los factores endógenos merecen señalarse los relacionados con: la pared celular, respiración, fotosíntesis, transpiración y efectos específicos (antagonismo y/o sinergismo) de otros iones. (Monge 1994)

El calcio desempeña un papel fundamental en la estabilidad de la membrana y la integridad celular. Esto es evidente en el aumento de la fuga de solutos de bajo peso molecular de las células de los tejidos deficientes en calcio y, en las plantas con deficiencia severa, por una desintegración general de las estructuras de la membrana y la pérdida de compartimentación celular. (Marschner 2012)

El calcio estabiliza las membranas celulares al unir grupos fosfato y carboxilato de fosfolípidos y proteínas. El calcio puede ser intercambiado por otros cationes en estos sitios de unión; el intercambio de calcio unido a la membrana plasmática por sodio, metales pesados o aluminio puede contribuir a la salinidad, la toxicidad de los metales pesados y el aluminio. (Marschner 2012)

4.2.3 Zinc. Las enzimas vegetales activadas por zinc están involucradas en el metabolismo de los carbohidratos, el mantenimiento de la integridad de las membranas celulares, la síntesis de proteínas, la regulación de la síntesis de auxinas y la formación de polen. Además de esto, ayuda en el desarrollo de la pared celular, la respiración, la fotosíntesis, la formación de clorofila y la tasa de maduración. El zinc también juega un papel crítico en la tolerancia de las plantas a las enfermedades y debe considerarse como una solución preventiva en los planes de manejo de enfermedades. (Mehta 2014).

El zinc es necesario para el mantenimiento de la integridad de las biomembranas. Se une a los grupos fosfolípidos y sulfhidrilo de los constituyentes de la membrana o forma complejos tetraédricos con los residuos de cisteína de las cadenas polipeptídicas, protegiendo así los lípidos y proteínas de la membrana contra el daño oxidativo. (Marschner 2012)

4.2.4 Potasio. Los roles del ion potasio en las respuestas de las plantas a las plagas y enfermedades, así como los mecanismos subyacentes, son más complejos. En particular, la deficiencia de ion potasio en las plantas se ha asociado con una menor resistencia de la membrana celular y concentraciones más altas de azúcares y aminoácidos, lo que puede aumentar los riesgos de daño patogénico y herbívoro. (Sardans 2021)

La alta susceptibilidad de las plantas deficientes en potasio a las enfermedades parasitarias se debe a las funciones metabólicas del potasio en la fisiología de las plantas. Bajo deficiencia de potasio, la síntesis de compuestos de alto peso molecular (proteínas, almidón y celulosa) se ve afectada y se produce la acumulación de compuestos orgánicos de bajo peso molecular. Además, el potasio puede promover el desarrollo de paredes externas más gruesas en las células epidérmicas, evitando así el ataque de enfermedades. (Dordas 2008)

4.2.5 Magnesio. El magnesio es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de la planta, está presente en las células como el ion Mg^{2+} . El magnesio es necesario para la fotosíntesis debido a su papel como el átomo central de la clorofila, también funciona en la señalización y activación enzimática, así como en la síntesis de ATP y en la estabilidad del compuesto de polifosfato, incluidas las asociadas con la síntesis de ADN y ARN. (Noperi 2019)

La arquitectura enana y las manchas necróticas son los síntomas generales de la deficiencia de magnesio en las plantas, lo que a su vez causa una disminución del contenido de clorofila y la fijación de CO_2 , así como un deterioro en el metabolismo del carbono. Los síntomas de deficiencia de magnesio se observan bien en las partes aéreas de las plantas, mientras que los síntomas en el desarrollo de las raíces y la distribución de la biomasa entre la raíz y el brote son variables. (Chaudhry 2021)

4.2.6 Boro. El boro tiene una función directa en la estructura y estabilidad de la pared celular y tiene un efecto beneficioso en la reducción de la gravedad de las enfermedades. Sin embargo, en varias enfermedades, la función del boro en la resistencia o tolerancia a las enfermedades es la menos comprendida de todos los micronutrientes esenciales para las plantas. La función que el boro tiene en la reducción de la susceptibilidad a las enfermedades podría deberse a la función del boro en la estructura de la pared celular, la función del boro en la permeabilidad, estabilidad o función de la membrana celular, o su papel en el metabolismo de los fenólicos o la lignina. (Dordas 2008)

La deficiencia de boro causa una amplia gama de síntomas anatómicos, fisiológicos y bioquímicos. Estos incluyen la inhibición del crecimiento apical, la necrosis de los brotes terminales, la reducción de la expansión de las hojas, la rotura de los tejidos debido a la fragilidad, el aborto de los inicios de las flores y el desprendimiento de los frutos. La mayoría de los síntomas de deficiencia anatómica se han asociado con anomalías en la pared celular y los numerosos efectos fisiológicos y bioquímicos observados bajo deficiencia de boro se han interpretado como efectos secundarios del daño de la pared celular. (Marschner 2012)

4.2.7 Cobre. El cobre es un elemento de transición redox-activo que desempeña funciones en la fotosíntesis, la respiración, el metabolismo del carbono y el nitrógeno, y la protección contra el estrés oxidativo. Al igual que el hierro, forma complejos altamente estables y participa en reacciones de transferencia de electrones. El cobre divalente se reduce fácilmente a cobre monovalente, que es inestable. La mayoría de las funciones del cobre como nutriente vegetal se basan en el cobre unido enzimáticamente, que cataliza reacciones redox. En las reacciones redox de las oxidasas terminales, las enzimas de cobre reaccionan directamente con el oxígeno molecular. Por lo tanto, la oxidación terminal en las células vivas está catalizada por el cobre y no por el hierro. La deficiencia de cobre llevó a una disminución en el número de brotes florales, pero particularmente impidió la apertura de las flores. Como era de esperar, la actividad del polifenol oxidasa fue menor en las plantas deficientes en cobre, pero también lo fue la actividad de la IAA oxidasa y la peroxidasa. (Marschner 2012)

4.3. Caldos minerales

4.3.1 JADAM Sulfur. La metodología JADAM se basa en la utilización de insumos orgánicos para sustituir insumos de origen sintético, tales como insecticidas y pesticidas. El azufre JADAM (JS), también llamado arcilla roja-azufre, es muy efectivo contra la mayoría de las enfermedades y no desarrolla resistencia. La característica clave del Jadam Sulfur es su fabricación sin calentamiento por fuego, no daña las tuberías de plástico y acero de los invernaderos. Efectivo contra el oídio, la roya del peral, el oídio polvoriento, el mildiu, etc. Hacer 1 L (0.26 gal) de JS (25% de azufre) solo cuesta 50 centavos. 100 L (26 gal) de JS se pueden usar 60-100 veces (diluido en agua para hacer un pesticida de 500 L o 132 gal). (Cho 2016)

4.3.2 Caldo visosa. El caldo visosa, es un caldo mineral que, a pesar de haber sido ensayado en el campo con mucha anterioridad y con buenos resultados por el profesor Joao Da Cruz Filho, titular del departamento de Fitopatología de la Universidad Federal de Vinosa en el Brasil, sólo apareció oficialmente publicado extra-universidad, el 12 de mayo de 1982 en Visosa. (Echeverri 2012)

El caldo visosa actúa como fungicida para el control de la roya del café *Hemileia vastatrix*. Ha sido adaptado por los agricultores en muchos países para su aplicación, en cafetales y otros cultivos como la parra, las hortalizas y los frutales, debido a que además de controlar problemas por hongos también nutre a la planta con micronutrientes. (Gutiérrez 2014)

4.3.3 Caldo ceniza. Desde tiempos inmemoriales, se ha recurrido a la ceniza como suplemento nutricional de las plantas, su uso es indiscutible en gran cantidad de preparados de fabricación casera. Las cenizas de plantas (madera, rastrojos, bagazo de caña, tusas, cisco de arroz, etc.) tienen un alto contenido en potasio, calcio, magnesio y otros minerales esenciales para ellas. (Echeverri 2012)

El caldo ceniza ayuda en el equilibrio de la nutrición de las plantas; actúa también como sustancia preventiva para enfermedades como la peronospora y alternaria en la cebolla y el ajo. Es también repelente de insectos y un gran abono foliar. El caldo ceniza también funciona como sustancia adhesiva (pegante) en mezclas con otros caldos minerales, sobre todo cuando

se aplica a cultivos de hojas cerosas o resbaladizas como la cebolla, ajo, repollo, brócoli y coliflor. (Ponce 2021)

4.3.4 Caldo silicosulfocálcico. El caldo sulfocálcico fue empleado por primera vez en Europa en 1832 para bañar animales vacunos contra la sarna, siendo solamente en 1886, en California, comprobada su viabilidad como un producto con características fungicidas e insecticidas. En 1902 esta mezcla pasó al dominio popular y, a partir de esa época, comenzó a ser ampliamente divulgada, preparada por los campesinos y usada en la agricultura. (Echeverri, 2012)

El efecto tóxico del caldo sulfocálcico a los insectos se da por la reacción de los compuestos de este sobre la planta, con el agua y el gas carbónico, resultando en gas sulfídrico y azufre coloidal (Restrepo-García 2017)

4.3.5 Caldo bordelés. El caldo bordelés fue inventado por el químico bordelés Ulysse Gayon y el botánico Alexis Millardet en 1880, es una mezcla entre sulfato cúprico y cal, que se ha utilizado ampliamente para el control de insectos plaga. (Gutiérrez 2014).

El Caldo Bordelés, fue utilizado desde tiempos antiguos por los campesinos para proteger sus cultivos de numerosas enfermedades. Tiene como referencia su primera utilización en 1882 en Francia y en 1885, el fitopatólogo francés Alexis Millardet, anuncio, el éxito obtenido mediante el uso de la mezcla de sulfato de cobre y cal, como “fungicida”. El valor de este nuevo “fungicida”, llamado «caldo bordelés» por haberse originado en el poblado de Burdeos, fue establecido rápidamente, e inmediatamente también, vinieron los mejoramientos de la fórmula primitiva y luego en cada lugar empezaron a aplicarse fórmulas diversas, de acuerdo con los cultivos y el éxito obtenido. (Echeverri 2012)

5. METODOLOGÍA

5.1. Ubicación

El trabajo se realizó dentro de la Estación Experimental y de Practicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el municipio de San Luis Talpa, La Paz, km. 57 de la carretera del Litoral, El Salvador. Coordenadas 13.472194, -89.097242.

5.2. Fase de gabinete

La metodología seguida para la elaboración de los caldos minerales difiere según el método a utilizar. Sin embargo, comparten ciertos pasos similares en su elaboración, brindándonos una idea central de lo que consiste la elaboración de un caldo mineral: el agregado de minerales disueltos en agua que han sido activados previamente ya sea por acción externa o por reacción con otro material.

El trabajo consistió en el registro de pasos elaborados dentro de la Estación Experimental y de Practicas de la Universidad de El Salvador. Se replicó la metodología descrita en literatura para elaborar caldo JADAM Sulfur (Polisulfuro de sodio), caldo visosa y caldo cenizo; las cantidades fueron modificadas a cantidades manejables para un productor de pequeña escala. Así mismo, se consideró la facilidad en el conservado del producto, escogiendo 1 galón de producto final debido a su facilidad de almacenamiento.

A fin de realizar la comparación de precios de insumos de las distintas metodologías e ingredientes, se realizó una investigación de mercado con respecto a los precios de los insumos a utilizar, visitando agronegocios y agro-servicios que tengan los insumos necesarios.

A los insumos que no se les pudo atribuir un precio, debido a falta de existencias debido a escasas del producto, o porque este no se encuentre en circulación en el mercado, se les aplicó un costo apreciativo. Se realizó lo mismo con productos de fácil acceso para los productores, tales como restos de procesos diarios (ceniza) o de fácil acceso (agua de grifo).

Finalmente, se realizó una revisión bibliográfica sobre las aplicaciones y usos de cada tipo de caldo, así como el grado de dificultad en su elaboración, costos asociados y posibles beneficios en su aplicación a cultivos.

5.3. Establecimiento de ensayo

El ensayo se realizó en la Estación Experimental y de Practicas de la Universidad de El Salvador.

Se realizaron cuatro caldos minerales: JADAM Sulfur, silicosulfocalcico, ceniza y visosa. Para la elaboración de estos caldos, estos fueron los siguientes costos:

Tabla 1 Costos de materiales

Material	Cantidad	Costo por unidad	Costo total
Azufre	5 kg	\$5.50	\$27.50
Bórax	1 kg	\$3.50	\$3.50
Cal agrícola	3 kg	\$0.50	\$1.50
Sulfato de magnesio	1 kg	\$1.40	\$1.40
Sulfato de zinc	1 kg	\$2.80	\$2.80
Carbonato de calcio	1 kg	\$0.40	\$0.40
Harina de roca	1 kg	\$0.35	\$0.35
Hidróxido de sodio (soda caustica)	2 kg (5 botes de 400 gr)	\$1.40	\$7.00
Sal común	0.45 (1 lb)	\$0.10	\$0.10
Barro	0.9 (2 lb)	\$1.00	\$2.00
Barra de jabón	1 (barra de 350 g)	\$1.00	\$1.00
Ceniza cernida	1	\$0.00	\$0.00
Total			\$47.55

Para los costos de equipo y mano de obra, se asume un día de trabajo, y el sueldo mínimo para actividades agrícolas. Los costos fueron los siguientes:

Tabla 2 Costos de equipo y mano de obra

Material	Cantidad	Costo por unidad	Costo total
Cubeta	4 cubetas	\$7.00/cubeta	\$28.00
Olla de acero	1 olla	\$15.00/olla	\$15.00
Bascula digital	1 bascula	\$15.99/	\$15.99
Contenedores plásticos de galón	4 galones	\$1.00	\$4.00
Trebe de acero	1 trebe	\$8.00	\$8.00
Embudo de plástico	1 embudo	\$1.50	\$1.50
Filtro pequeño	1 filtro	\$1.50	\$1.50
Mano de obra	4 días de trabajo	\$8.00/día	\$32.00
Total			\$105.99

5.4. JADAM Sulfur

Para la elaboración del JADAM Sulfur, se utilizó 1.25 kg de azufre, 1 kg de hidróxido de sodio, 25 g de barro diluido en agua, 37.5 g de sal común y 12.5 g de harina de roca, con la finalidad de elaborar 5 litros de solución.

El proceso sigue los siguientes pasos:

1. Colocar los materiales dentro de una cubeta con capacidad máxima de 5 galones. Esto es a fin de asegurar que no rebalsara la solución al reaccionar. Los materiales fueron colocados en seco, colocando primero el azufre, seguido del hidróxido de sodio, la sal, la harina de roca y por último la arcilla diluida en agua.



Figura 1 Elaboración de caldo JADAM Sulfur

2. Una vez estén todos los ingredientes, agregar los 5 litros de agua de forma rápida, en una sola aplicación. Esto asegura que la reacción ocurra de forma uniforme. Al comenzar la reacción, el contenedor comenzará a calentarse, por lo que se debe tener cuidado al manipularlo. Debido al hidróxido de sodio, la reacción alcanza el punto de fusión del azufre, sin la necesidad de utilizar fuego.



Figura 2 Eliminación de grumos en JADAM Sulfur

3. Mientras ocurre la reacción, agito constantemente con un palo de madera, a fin de quebrar terrones o cúmulos de azufre que pudieran existir.
4. Una vez finalizado, se dejó reposar la solución hasta que se sedimentaran las partículas, en un mínimo de dos horas. De lo contrario, dejar reposar toda la noche hasta que se asiente.
5. Una vez este fría y las partículas más pesadas se encuentren en el fondo, se toma la parte superior de la solución y se transfiere a contenedores de 1 galon.

La dosificación recomendada para JADAM Sulfur es de 0.5L a 2L de JS para 500L de agua, el cual puede ser aplicado en todo tipo de cultivos. La disolución de JS en agua se recomienda de la siguiente manera: para invernaderos, utilizar 0.5L de JS, para campos de cultivo utilizar 1L de JS, y para campos en época de floración, utilizar 1L de JS. 500 litros de agua rinden para 25 bombeadas con una bomba de mochila con capacidad para 20 litros. Se recomienda utilizar solo si hay historial de enfermedades en los cultivos.

Tabla 3 Costos JADAM Sulfur

Caldo	Costos de materiales para elaborar 5 litros	Costos por litro
--------------	--	-------------------------

JADAM Sulfur	Azufre	(2kg	= \$11.00)	\$10.55/5 = \$2.11
	Soda caustica	(120g	= \$4.20)	
	Barro	(25g	= \$0.05)	
	Sal		(\$0.10)	
	Harina de roca		(\$0.02)	

5.5. Caldo visosa

Para elaborar el caldo visosa se utilizaron 25 g de cal, 21 g de sulfato de calcio, 25 g de sulfato de zinc, 17 g de sulfato de magnesio y 17 g de bórax (borato de sodio o tetraborato de sodio).

El proceso sigue los siguientes pasos:

1. En 500 ml de agua, diluir 25 g de cal. Esta solución será depositada en un contenedor temporal, marcada como solución #1.
2. En otra cubeta, con capacidad para 5 galones de agua, vertir 1 galón de agua para disolver 21 g de sulfato de calcio, 25 g de sulfato de zinc, 25 g de sulfato de magnesio y 17 g de borax. Esta será la solución #2.



Figura 3 Elaboración de caldo visosa

3. Finalmente, al tener ambas soluciones listas, estas se pueden conservar hasta el momento en que se desee utilizar. Al momento de utilizar, mezclar ambas en proporción 1:3, es decir, la solución #2 es tres veces la cantidad de la solución #1. El caldo puede ser diluido antes de ser aplicado por bomba. Este caldo no debe guardarse, debe aplicarse inmediatamente

El caldo visosa se puede aplicar cada 30 días en cultivos de café y frutales, evitando aplicarlo durante el periodo de floración. Se debe aplicar inmediatamente, así que la aplicación dependerá de la extensión a cubrir. 100L de caldo sirven para 5 bombeadas de 20L. Se recomienda utilizar 100L de caldo por cada 50 cm de altura de la planta de café.

Tabla 4 Costos caldo visosa

Caldo	Costos de materiales para 5 litros	Costos por litro
Visosa	Bórax (0.15\$) Sulfato de Magnesio (\$0.05)	$\$0.50/5 = \0.10

Sulfato de Zinc (\$0.05)
Carbonato de Calcio (\$0.05)
Cal viva (\$0.10)

5.6. Caldo ceniza

Para la elaboración del caldo ceniza, utilizar 400 g de ceniza cernida, 1/2 barra de jabón para lavar ropa de 375 g y 1 galón de agua.

El proceso sigue los siguientes pasos:

1. Poner una olla de acero con capacidad para aproximadamente 5 litros de agua al fuego, ya sea en cocina o con leña.
2. Con un cuchillo, rallar la barra de jabón con cuidado, a fin de facilitar su adición a la solución.
3. Cuando el agua alcanza la temperatura adecuada y comience a hervir, agregar la ceniza cernida y el jabón rallado.
4. Dejar hervir entre 40 a 50 minutos, agregando agua en caso se perdió demasiada agua debido a la evaporación.
5. Finalmente, al pasar los 50 minutos, retirar la olla del fuego para que esta enfrié.
6. Una vez frío, transferir a botellas con sello hermético, conservándolos en un lugar fresco y bajo sombra.

La dosificación del caldo ceniza suele variar según el tipo de cultivo. Sin embargo, 1L de caldo ceniza por 20L de agua (1 bomba de mochila de 20L) es lo recomendado. Se debe aplicar 1 vez por semana, hasta que no haya señal de insectos o gusanos.



Figura 4 Rayado de barra de jabón para elaboración de caldo ceniza



Figura 5 Elaboración de caldo ceniza

Tabla 5 Costos caldo ceniza

Caldo	Costos de materiales para 5 litros	Costos por litro
Ceniza	Ceniza cernida (\$0.00) Barra de jabón (\$1.00)	\$1.00/5 = \$0.20

5.7. Caldo bordelés

El caldo bordelés solo fue revisado bibliográficamente. Es se debió a su incapacidad de ser conservado, aun como elementos separados. Sin embargo, fue agregado a la investigación por su prevalencia y uso por los agricultores salvadoreños. El caldo bordelés necesita 25 litros de agua, 200 gramos de sulfato de cobre, 200 gramos de cal viva, 2 valdes de plásticos (uno con capacidad para 20 litros de agua) y un palo o vara para remover. Para evitar confusiones y no mezclar los ingredientes de forma errónea, se deben de marcar los valdes #1 y valde #2. Debido a que el caldo bordelés no se puede conservar, este se debe de utilizar de inmediato. (Camacho s.f.)

El caldo bordelés suele aplicarse 0.4-0.5 litros de caldo por 20L de agua para una bomba de mochila con capacidad de 20L.

Tabla 6 Distribución de materiales bordelés

Valde #1	Valde #2
20 litros de agua 200 g cal viva	5 litros de agua 200 g sulfato de cobre

5.8 Caldo silicosulfocalcico

Para elaborar el caldo silicosulfocalcico se utilizó 330 g de ceniza cernida, 330 g de cal viva, 650 g de flor de azufre y 5 litros de agua. En términos de equipo, se necesitó una olla de acero para hervir el agua, así como una vara de madera para agitar la mezcla.

El proceso sigue los siguientes pasos:

1. Poner una olla al fuego, vertiendo los 5 litros de agua hasta que comience a hervir.

2. Una vez llegue a ebullición, agregar 330 g de ceniza cernida, agitando por 5 minutos para hidratarla. En caso ocurra una pérdida de agua por evaporación, agregar agua calentada en una segunda olla a la mezcla hasta que llegue al mismo nivel.



Figura 6 Agitando ceniza en olla al fuego

3. Pasados los 5 minutos, agregar 330 g de cal viva. Se repite el agitado de toda la mezcla durante 5 minutos, teniendo el cuidado de observar que el agua no rebalse del contenedor debido a la acción de la cal.
4. Finalmente, agregar 650 g de flor de azufre, agitando la mezcla constantemente durante 20 minutos. Hay que recordar que durante todo el proceso el agua se debe de mantener hirviendo.
5. Al observar un color rojo en la mezcla, se agita por 5 minutos adicionales y luego se deja en reposo durante 20 minutos, dejando que la mezcla se precipite y se separen los sólidos de los líquidos.

6. Finalmente, se extrajo el líquido rojo en envases para su conservación.

Tener en cuenta que unos 4 o 5 litros de caldo sulfocálcico, como máximo, es la dosis para combinar con un cilindro de agua de 200 litros para luego aplicar de manera foliar. También se puede usar medio litro (0.5L) para una bomba-mochila de 20 litros. La idea es que la aplicación se realice temprano antes de que la radiación solar tenga un efecto mayor. La pasta resultante como subproducto de la realización de este caldo se puede aplicar en heridas en las plantas, brindando un grado de protección a la planta.



Figura 7 Embotellado de producto y subproducto

Tabla 7 Costos caldo silicosulfocálcico

Caldo	Costos de materiales para 5 litros	Costos por litro
Silicosulfocálcico	Azufre (\$3.58)	$\$4.18/5 = \0.84
	Cal viva (\$0.60)	
	Ceniza cernida (\$0.00)	

5.9 Análisis de datos

Al finalizar la elaboración de los caldos, se realizó un análisis económico, que consiste en comparar los costos de materia prima de los caldos contra los costos de adquisición de

opciones de origen sintético, o bien opciones disponibles en el mercado para el control de hongos e insectos.

La comparación de costos toma como base el costo de 1 litro de producto. Para los productos sintéticos, si la presentación disponible es mayor que 1 litro, se ajusta el precio hasta que sea equivalente a 1 litro, y para los productos elaborados se suma los costos de materia prima.

Así mismo, se realizó un análisis metodológico, enfocándose en los conocimientos técnicos necesarios para la elaboración de los caldos, así como detallando los equipos y medidas de seguridad necesarios para su correcta elaboración. De igual manera, se cubrirán consideraciones a tomar al momento de conservar los caldos para futuro uso.

6. ANALISIS DE RESULTADOS

Para analizar la factibilidad económica y metodología de los caldos minerales, fue necesario elaborarlos partiendo de literatura que detalla los pasos a seguir para su correcta elaboración, a fin de comprender los requerimientos necesarios para su elaboración, es decir, costo de adquisición de los materiales, conocimientos necesarios para elaborarlos, y medidas de seguridad a seguir.

Tomando en cuenta las cantidades de materiales utilizados en cada caldo, para elaborar 5 litros de caldo para cada uno, tenemos este costo total por litro:

Tabla 8 Costos por litro caldos

Caldo	Costos de materiales para 5 litros	Costos por litro
JADAM Sulfur	Azufre (\$6.88)	\$10.55/5 = \$2.11
	Soda caustica (\$3.50)	
	Barro (\$0.05)	
	Sal (\$0.10)	
	Harina de roca (\$0.02)	
Silicosulfocalcico	Azufre (\$3.58)	\$4.18/5 = \$0.84
	Cal viva (\$0.60)	
	Ceniza cernida (\$0.00)	
Ceniza	Ceniza cernida (\$0.00)	\$1.00/5 = \$0.20
	Barra de jabón (\$1.00)	
Visosa	Bórax (0.15\$)	\$0.50/5 = \$0.10
	Sulfato de Magnesio (\$0.05)	
	Sulfato de Zinc (\$0.05)	
	Carbonato de Calcio (\$0.05)	
	Cal viva (\$0.10)	

Con los costos de materia prima, se puede determinar el costo por litro de cada uno de los caldos minerales, 2 dolares con 11 centavos para el caldo JADAM Sulfur, 84 centavos para el caldo silicosulfocalcico, 20 centavos para el caldo ceniza y 10 centavos para el caldo visosa. Estos valores fueron obtenidos dividiendo el precio total de elaborar 5 litros y dividiéndolo entre 5, a fin de obtener el precio de un litro de producto.

6.1 Investigación de precios

Al finalizar la elaboración de los caldos, se realizó una investigación sobre los precios de productos comercialmente disponibles que cumplan una función similar a los caldos minerales, es decir, productos como insecticidas y fungicidas. Esto es a fin de poder realizar la comparación económica.

Los lugares consultados para los precios de los productos químicos fueron locales comerciales que ofrecen en sus catálogos fungicidas e insecticidas de origen sintético. Entre los productos podemos destacar los siguientes, detallando sus nombres, función y precio:

Tabla 9 Costos por litro sintético

Ingrediente Activo	Función	Precio
Difenoconazol	Fungicida	\$60.00 (1 litro)
Triazol, Estrobiluriona, Cyproconazol	Fungicida	\$58.63 (1 litro)
Propamocarb, Fluopicolide	Fungicida	\$60.25 (1 litro)
Pyraclostrobin, Boscalid	Fungicida	\$90.15 (1 kg)
Metalaxyl, Mancozeb	Fungicida	\$11.60 (1 kg)
Azoxystrobin, Tebuconazole	Fungicida	\$59.47 (1 litro)
Metallic copper (cobre)	Fungicida	\$17.00 (500 gr)
Cymoxanil, Mancozeb	Fungicida	\$14.79 (500 gr)
Metalaxyl, Mancozeb	Fungicida	\$19.50 (750 gr)
Azoxystrobrin	Fungicida	\$4.50 (10 gr)
Lambda, Clorpirifos	Insecticida	\$16.63 (1 litro)
Clorpirifos	Insecticida	\$12.05 (1 litro)
Cipermetrina	Insecticida	\$10.00 (1 litro)
Thiametoxam	Insecticida	\$26.95 (500 gr)
Fipronil	Insecticida	\$18.10 (250 ml)
Tritiano, Thiocyclam	Insecticida	\$20.95 (200 gr)
Indoxacarb	Insecticida	\$47.92 (200 ml)

6.2 Análisis económico

Para poder realizar un análisis de factibilidad económica, se compararon los costos registrados de producción de caldos contra los costos de adquisición de productos sintéticos: para la adquisición de materia prima necesaria para los caldos minerales se realizó una inversión total

47.55 dólares, distribuido entre los distintos materiales a adquirir. El material más costoso en esta categoría fue el azufre, con un costo de \$5.50 por kilogramo, utilizándose la mitad de esto a fin de poder elaborar 5 litros de cada JADAM Sulfur.

Asimismo, se realizó una inversión de 105.99 dólares para la adquisición de todo el equipo necesario para su elaboración, entendiéndose por equipo a los implementos que ayuden en la elaboración del caldo y que no sea materia prima, así como la mano de obra para un total de 4 días. Esto incluye cubetas, una báscula digital y contenedores plásticos en los cuales conservar el producto. Dentro de esta categoría el equipo más costoso fueron las cubetas, sin embargo, como estas se pueden reutilizar su costo se puede excluir de futuros presupuestos. Esto nos da un total de 153.54 dólares requeridos para toda la operación de elaborar 5 litros de caldo JADAM Sulfur, silicosulfocálcico, ceniza y visosa.

Con estos valores, se comparó sus costos con los costos de adquisición de productos que cumplen la misma función: fungicidas e insecticidas.

Estos productos provienen de distintos proveedores comerciales, a fin de tener un rango variado de precios. Al observar los costos de estos productos, se identificó una tendencia a precios altos, siendo los insumos más costosos los fungicidas. Sin embargo, esto se puede deber a la especificidad de estos productos en su manejo de hongos, la mayoría de estos productos funcionando en cucurbitáceas, maíz y otros cultivos de interés económico.

Ignorando los costos de adquisición del equipo necesario para la elaboración de los caldos, estos son la opción más económicamente viable, debido a sus bajos costos. Ya que utilizan materiales de adquisición relativamente sencilla, esto reduce sus costos. Asimismo, gracias a la posibilidad de reemplazar ciertos materiales por otros que cumplan la misma función (como harina de roca como alternativa más fácil de adquirir que la filita), es posible elaborar el caldo sin adquirir todos los materiales de manera exacta.

No solo esto, dependiendo del cultivo pueden ser necesarias múltiples aplicaciones de los productos sintéticos, lo cual puede incrementar los costos de uso. Dependiendo de la formulación y la cantidad requerida según la etiqueta del producto, una sola aplicación podría

ser insuficiente. Todo esto también será dependiente del cultivo a sembrar y el terreno disponible.

Sin embargo, hay que tomar en consideración los efectos de los caldos en contra de los fungicidas e insecticidas: debido a los ingredientes activos encontrados en los insumos sintéticos, estos tienen la capacidad de afectar plagas o enfermedades en específico, permitiendo así un mejor control de las enfermedades. En cambio, los caldos minerales cumplen una función preventiva, siendo aplicados para evitar una infección o infestación en primer lugar.

Entonces, si se consideran términos de efectividad, hay que considerar la frecuencia de aplicación. Los caldos suelen requerir de entre 0.5 a 1 litro de caldo por 20 litros de agua, lo que equivale a una bomba de mochila de 20L. Gracias a sus bajos costos de producción, los caldos minerales proveen más beneficios al considerar frecuencia de aplicación, rendimiento por aplicación, y costo por aplicación, debido a la facilidad de adquirir materiales.

Dicho esto, es necesario mencionar el impacto de la frecuencia de aplicación, enfocándonos en un aspecto ambiental: debido a su origen sintético, puede existir un grado de toxicidad en los fungicidas e insecticidas que puede repercutir de forma negativa no solo en la salud del cultivo, sino también en la salud del suelo mismo. Gracias a la simplicidad de los materiales que componen los caldos minerales, estos representan un riesgo menor, siempre y no cuando estos no sean aplicados en exceso.

Finalmente, se observó la metodología utilizada, tomando nota de los conocimientos técnicos requeridos, así como otras dificultades que se deben de tomar en consideración al momento de elaborar los caldos:

Tabla 10 Consideraciones metodológicas

Caldos	Técnicas a conocer	Dificultades
JADAM Sulfur	Manipulación de una báscula digital, interacciones entre materiales para evitar reacciones peligrosas,	Riesgo de exposición a materiales que pueden ser dañinos para el ser humano, riesgo de quemaduras por el

	conocimiento de fichas técnicas de materiales.	hidróxido, riesgo de inhalación de vapores al realizar la reacción.
Silicosulfocalcico	Manipulación y calibración de una báscula digital, precipitado de líquidos.	Riesgo de quemaduras debido a uso de fuego para mantener hirviendo el agua.
Ceniza	Elaboración de ceniza cernida, es decir, precipitado de ceniza con jabón.	Riesgo de quemaduras debido a uso de fuego para mantener hirviendo el agua, riesgo de heridas al manipular el cuchillo para cortar el jabón.
Visosa	Uso de báscula digital, interacciones entre materiales para evitar reacciones peligrosas debido a la utilización de 2 cubetas con distintos materiales.	Riesgo de perder la solución debido a que el caldo no se puede conservar por largos periodos de tiempo.

Ahora, en términos de factibilidad metodológica, los caldos minerales presentan una leve desventaja a comparación de los productos sintéticos. Los caldos minerales requieren un cierto grado de conocimiento técnico para su elaboración, a diferencia de los productos sintéticos que pueden ser aplicados con relativa facilidad, teniendo en consideración las recomendaciones de uso en las viñetas de los productos, así como tomando en cuenta las medidas de seguridad adecuadas para evitar una intoxicación.

No solo esto, también es de tener en consideración posibles riesgos que existen en la elaboración de los caldos minerales: el uso de un material altamente alcalino como el hidróxido de sodio puede ser un riesgo si no es manipulado de forma correcta, provocando daño al productor.

De los caldos elaborados, el caldo ceniza representa el caldo con menor grado de dificultad, esto debido a que el proceso de cernir la ceniza es relativamente sencillo: simplemente se debe de mezclar jabón con ceniza. Sin embargo, a pesar de su grado de simplicidad es relativamente efectivo en la función que cumple, es decir, la prevención de enfermedades. Y gracias a su

increíblemente bajo costo de elaboración, estos beneficios elevan a este caldo como una opción muy efectiva en el manejo de enfermedades.

Sin embargo, cabe recalcar la importancia de poseer una báscula y saber cómo utilizarla: si no se logran pesar las medidas requeridas por la metodología de estos caldos minerales, estos pueden ser deficientes y no proveer la protección esperada para los cultivos, generando pérdidas debido al desperdicio de materiales. Inclusive, si no se observa el efecto deseado y se vuelve a aplicar, es posible intoxicar al cultivo debido a una dosis doble.

De igual forma, la omisión de equipo de protección contra los vapores que se generan durante la elaboración de los caldos puede perjudicar a quien realice estos procesos, generando irritación y molestias en el área de nariz y garganta.

7. CONCLUSIONES

La producción de caldos minerales ciertamente puede considerarse como deficiente en ciertos aspectos en comparación con opciones de origen sintético, principalmente en términos de efectividad y facilidad de uso. A pesar de esto, los beneficios que brindan los caldos minerales no disminuyen: la aplicación de caldos minerales como medida preventiva al momento de afrontar enfermedades aporta al productor una opción más cómoda con respecto a su economía.

Los bajos costos de adquisición de materia prima hacen a los caldos una opción más accesible a productores que deseen proteger sus cultivos, los caldos funcionando como una forma de control preventiva que puede evitar el apareamiento de posibles plagas en el futuro, evitándole así pérdidas a los productores. Los caldos son una opción debido a que, ya sea debido a los altos costos de estos productos sintéticos, o simplemente porque no se encuentran disponibles en la localidad del productor, los caldos minerales suplen esta demanda de un producto capaz de proveer protección a los cultivos, minimizando también el posible impacto que la aplicación de otros productos podría tener tanto en el suelo como en los cultivos.

Con todo lo anterior en consideración, los caldos minerales sirven como una excelente herramienta en áreas de cultivos cuyo propósito sea el establecimiento de sistemas agroecológicos. Gracias a su bajo impacto ambiental, facilidad de elaboración y bajo costo, los productores pueden comenzar su transición de un sistema agrícola tradicional a uno enfocado a la conservación del ambiente que lo rodea.

8. RECOMENDACIONES

Al momento de elaborar caldos minerales, independientemente de la metodología escogida para su elaboración, es necesario realizar cálculos previos dependiendo de las necesidades que se deseen cubrir. Tanto el espacio a trabajar como la frecuencia de aplicación debe ser considerada, a fin de adquirir y aplicar las cantidades correctas de materia prima a los caldos. El JADAM Sulfur, debido al alto costo del azufre, requiere de calcular de forma precisa cuanto producto se pretende utilizar.

Al momento de elaborar los caldos minerales, siempre se debe de utilizar equipo de protección personal, a fin de evitar cualquier posible accidente en la manipulación de los materiales. Para los caldos que involucran fuego, tomar las suficientes medidas de prevención para evitar tanto quemaduras a quien lo manipula, así como evitar que el fuego pueda afectar de forma negativa el ambiente, en el peor de los casos provocando un incendio.

Para el JADAM Sulfur, se recomienda utilizar una máscara de protección, a fin de evitar la entrada de gases nocivos al cuerpo al momento de elaborar el caldo. Debido al hidróxido, la reacción se vuelve caliente y produce gases. Estos gases pueden irritar a quien los inhale, por lo que se recomienda se realice en un lugar bien ventilado. La reacción del hidróxido puede ser peligrosa si no se manipula adecuadamente, por lo que se también se recomienda cautela al manejarlo, evitando salpicar al momento de introducirlo al contenedor con el resto de los materiales.

Finalmente, se recomienda en el futuro realizar una nueva investigación que vaya mas a fondo con respecto a la efectividad de los caldos minerales en los cultivos, realizando comparaciones no solo entre ellos mismos, sino también contra productos de origen sintéticos. Así mismo, determinar el grado de eficacia de cada producto para controlar dicha enfermedad, concentración de aplicación, niveles de dilución al momento de aplicar los productos, a fin de determinar que opción beneficiaria más a un agricultor dependiendo de los cultivos con los que desee trabajar, y que puede ubicarse dentro de su presupuesto.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, C. (2018). Sistema Agroalimentario del Maíz Blanco en Ciudad Arce, Municipio de El Salvador. Recuperado el 11 de septiembre de 2024, de <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/183066/001078120.pdf?sequence=1>
- Camacho, L. C. (2023). Caldos Minerales y Biocidas Naturales. Perú. Recuperado el 26 de agosto de 2024, de <https://idmaperu.org/wp-content/uploads/2023/07/CALDOS-MINERALES-FOLLETO.pdf>
- Chaudhry, A. H. (2021). Current Understandings on Magnesium Deficiency and Future Outlooks for Sustainable Agriculture. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(4). doi:<https://doi.org/10.3390/ijms22041819>
- Cho, Y. (2016). *JADAM Organic Farming*. Daejeon, Korea. Recuperado el 26 de agosto de 2024, de https://lafarrucanews.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/04/youngsang-cho-jadam-organic-farming_-the-way-to-ultra-low-cost-agriculture-jadam-2016-1.pdf
- Dordas, C. (2008). Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28, 33-46. doi:10.1051/agro:2007051
- Echeverri, C. (2012). Caldos Minerales. Recuperado el 20 de septiembre de 2024, de https://www.academia.edu/5154625/CALDOS_MINERALES
- Echeverri, L. E. (2003). Evaluación de fungicidas cúpricos para el control de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) del tomate de árbol en el municipio de Rionegro. *Revista Universidad Católica de Oriente*, 24, 99-108.
- Félix-Herrán, J. S.-T.-M.-R.-P. (2008). Importancia de los Abonos Orgánicos. *Ra Ximhai*, 4(1), 57-67. Recuperado el 25 de agosto de 2024, de <https://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-10articulosPDF/Art%5b1%5d%204%20Abonos.pdf>
- Gutiérrez, C. F.-H. (2015). *Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales*. Sinaloa, México: Fundación Produce Sinaloa. Recuperado el 28 de agosto de 2024, de https://www.ciaorganico.net/documypublic/271_Manual_para_la_produccion_de_abonos_organicos_y_biorracionales.pdf
- Khoshgoftarmanesh, A. H. (2010). Zinc nutrition effect on the tolerance of wheat genotypes to Fusarium root-rot disease in a solution culture experiment. *Soil Science and Plant Nutrition*, 2, 234-243. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2009.00441.x>
- Künstler, A. G. (2020). The Versatile Roles of Sulfur-Containing Biomolecules in Plant Defense—A Road to Disease Resistance. *Plants*, 9(12). doi:<https://doi.org/10.3390/plants9121705>
- Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9>

- Martínez Salazar, C. (2018). Evaluación del uso de caldos minerales como alternativa para el manejo de *Polyphagotarsonemus latus* (ácaro blanco) en el cultivo de lima tahití. Sonsón, Colombia: Universidad de Antioquía. Recuperado el 20 de septiembre de 2024, de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/40582/4/Mart%C3%ADnezCamilo_2023_Caldo%C3%81caroLimaTahit%C3%AD.pdf
- Monge, E. V. (1995). El calcio nutriente para las plantas. *Anales de la Estación Experimental de Aula Dei*, 21(3), 189-201. Recuperado el 21 de septiembre de 2024, de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/4021/1/analesv.21n.3-1995-Especial50.pdf#page=80>
- Narayan, O. P. (2022). Sulfur nutrition and its role in plant growth and development. *Plant Signaling & Behavior*, 18(1). doi:<https://doi.org/10.1080/15592324.2022.2030082>
- Noperi, L. (2019). Productividad, alternancia y calidad en nogal pecanero, como respuesta a nutrición mineral y orgánica. Recuperado el 21 de septiembre de 2024, de <http://repositorio.uach.mx/342/1/TESIS.pdf>
- Ponce, S. (Noviembre de 2021). Agroforestería y Caldos Nutricionales Artesanales. Fundación AGRECOL. Recuperado el 28 de agosto de 2024, de <https://www.agrecolandes.org/wp-content/uploads/2023/07/Cartilla-Caldos-Nutricionales-final-peq.pdf>
- Reynaga, J. C. (2010). *Manual de elaboración de productos naturales para la fertilidad de suelos y control de plagas y enfermedades: experiencias en la zona biocultural subcentral Waca Playa, Tapacarí*. Cochabamba. Recuperado el 21 de agosto de 2024, de https://biblioteca.clacso.edu.ar/Bolivia/agruco/20170929043449/pdf_546.pdf
- Sánchez, D. B. (2023). Efecto del caldo sulfocálcico y podas de mantenimiento como estrategias para el manejo de *Capnodium* sp. en *Citrus reticulata*. *Ingeniería y Desarrollo*, 41(2). doi:<https://doi.org/10.14482/inde.41.02.690.454>
- Sorto, F. (2023). Situación ambiental en El Salvador, adaptación del cambio climático desafíos y retos socio-comunitarios. *La Universidad*, 4(2), 67-102. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.10204374>
- Ulate, R. (2017). Elaboración de caldos minerales protectores. Sarapíqui, Costa Rica: Infoagro. Recuperado el 17 de septiembre de 2024, de <https://www.scribd.com/document/537956590/Elaboracion-Caldos-Minerales-Protectores>
- Vivas Cárdenas, G. F.-P. (2018). Efectividad de la aplicación de caldos minerales y biofertilizantes para el control de la enfermedad del Damping off (mal del talluelo, tizón foliar y bacteriosis) en *Pinus caribaea*. *Wani*, 55-65. Recuperado el 7 de septiembre de 2024, de <https://camjol.info/index.php/WANI/article/view/7453>
- White, P. B. (2003). Calcium in Plants. *Annals of Botany*, 92(4), 487-511. doi:<https://doi.org/10.1093/aob/mcg164>

10. ANEXOS

Anexo 1 Enfermedades controladas por caldos bordelés

Cultivos	Enfermedades que podemos controlar	Dosis	
		Caldo (litros)	Agua (litros)
Leguminosas	Mildiu, hongos	1	1
Hortalizas	Mildiu, hongos	1	1
Papa, zanahoria	Rancha, mildiu, hongos, (seca seca)	2	1
Frutales	Fumagina, phytophthoras	2	1

Anexo 2 Enfermedades controladas por caldos sulfocalcicos

Cultivos	Plagas y enfermedades que podemos controlar	Dosis	
		Caldo (litros)	Agua (litros)
Leguminosas	Oidiosis, araña roja	0.5	20
Hortalizas	Oidiosis, araña roja	0.5	20
Papa, zanahoria	Oidiosis, araña roja	0.5	20
Frutales	Oidiosis, araña roja, trips	2	20

Anexo 3 Tabla de volúmenes para los ingredientes del JADAM Sulfur

Table of volumes of each ingredient (handy blender can be used for small amounts)

Making JS of	5L 1.3 gal	10L 2.6 gal	20L 5.3 gal	40L 10.6 gal	50L 13.2 gal	100L 26.4 gal
Sulfur	1 kg 2.2 lb	2.5 kg 5.51 lb	5 kg 11.02 lb	10 kg 22.05 lb	15 kg 33.07 lb	25 kg 55.12 lb
NaOH	0.8 kg 1.76 lb	2 kg 4.4 lb	4 kg 8.8 lb	8 kg 17.6 lb	12 kg 26.5 lb	20 kg 44.1 lb
Initial water	2 L 0.53 gal	5 L 1.32 gal	10 L 2.64 gal	20 L 5.3 gal	30 L 7.9 gal	50 L 13.2 gal
Added water	1.28 L 0.34 gal	3.2 L 0.85 gal	6.4 L 1.69 gal	12.8 L 3.38 gal	19.2 L 5.07 gal	32 L 8.45 gal

Anexo 4 Sales usadas en caldo visoso



Anexo 5 Pesado de sales en bascula digital



Anexo 6 Diluido de ceniza para caldo ceniza



Anexo 7 Elaboración de caldo ceniza, adicionando jabón a la ceniza en la olla



Anexo 8 Elaboración de caldo silicosulfocálcico, utilizando palo de madera para remover grumos de azufre o cal que se sedimenten en la olla.



Anexo 9 Caldos finalizados

