CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

Introducción

La agricultura moderna enfrenta el desafío constante de maximizar la eficiencia en la producción, especialmente en lo que respecta al uso de productos fitosanitarios y nutricionales aplicados de manera foliar. Estos productos son esenciales para el control de plagas y enfermedades, así como para el aporte de nutrientes, contribuyendo directamente a la salud y productividad de los cultivos. Sin embargo, la efectividad de estas aplicaciones está sujeta a diversos factores, incluyendo las técnicas de aplicación, las condiciones ambientales y las propiedades intrínsecas de las soluciones aplicadas.

En este contexto, la eficacia de las aplicaciones foliares puede verse comprometida por la inadecuada cobertura y adhesión del producto en las hojas, lo que conlleva a una menor absorción y, por ende, a un rendimiento reducido. Para abordar estos problemas, se ha recurrido al uso de coadyuvantes, sustancias que se añaden a los productos fitosanitarios para mejorar su distribución, retención y penetración en las superficies foliares. Entre estos, los coadyuvantes tensoactivos destacan por su capacidad para modificar la tensión superficial de las soluciones, facilitando una mayor cobertura y, por lo tanto, una mejor efectividad de los tratamientos.

A pesar de los beneficios teóricos y prácticos del uso de coadyuvantes, su adopción en regiones como Tarija es limitada. La falta de estudios locales que evalúen su efectividad con los productos y condiciones específicas de la zona ha resultado en una escasa utilización de estos aditivos, lo que podría estar contribuyendo a pérdidas económicas para los productores debido a la baja eficiencia de las aplicaciones foliares.

Este estudio se enfoca en llenar ese vacío de conocimiento, probando la efectividad de tres coadyuvantes tensoactivos (Langer DP, New Fix y Komus) en combinación con tres soluciones agrícolas comunes (caldo bordelés, polisulfuro de calcio, y un caldo mixto) sobre una superficie foliar. Los objetivos centrales de esta investigación son evaluar cuál de estos coadyuvantes proporciona la mayor cobertura en el área foliar y determinar si su uso afecta

el pH de las soluciones aplicadas, lo cual podría influir en la estabilidad y eficacia de los caldos.

A través de experimentos controlados en el laboratorio de fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, se busca identificar el coadyuvante más efectivo para las condiciones locales de Tarija, proporcionando a los agricultores información valiosa para optimizar sus aplicaciones foliares y mejorar el retorno de su inversión. Este estudio no solo contribuirá al avance del conocimiento científico en la materia, sino que también tendrá implicaciones prácticas significativas para la agricultura en la región.

Planteamiento del problema

En la agricultura moderna se utilizan una gran cantidad de productos foliares, ya sea nutricionales o para el control de plagas y enfermedades, lo que ocasiona la aparición de varios problemas que bajan la eficiencia de los productos foliares que se utilizan, lo cual obliga al productor a buscar métodos para mejorar sus aplicaciones foliares, ya sea de forma mecánica o con el uso de coadyuvantes agrícolas que mejoren la efectividad de las aplicaciones foliares para asegurar su invercion.

En este sentido, el uso de coadyuvantes tenso activos a demostrado ser sumamente útil al momento de combatir plagas y enfermedades al mismo tiempo que aseguramos una mayor cobertura y eficiencia de los productos foliares que se aplican logrando así un mayor porcentaje de eficiencia de los caldos agrícolas utilizados.

Varios laboratorios agrícolas y empresas recomiendan el uso de un coadyuvante agrícola a la hora de realizar una aplicación foliar sin embargo en Tarija no se tiene la suficiente información sobre los mismos, lo que ocasiona que el uso de los mismo sea sumamente escaso, ocasionando pérdidas económicas debido a la baja eficiencia de algunos productos de control de plagas y enfermedades u obligando a usar una dosis mayor a la recomendada por los fabricantes.

Por lo cual se necesitan estudios que pongan a prueba la efectividad y eficiencia de algunos coadyuvantes tenso activos que existen en el mercado de Tarija con alguno de los caldos que se preparan en la zona.

¿Cuál es el coadyuvante tensoactivo que logra una mayor área de contacto y retención del caldo manteniendo sus propiedades y su estabilidad de la mezcla en el mercado de Tarija?

Justificación

El uso de un coadyuvante tensioactivo es constante para mejorar la eficiencia y la cobertura de todas las aplicaciones de plaguicidas insecticidas y fertilizantes sobre los cultivo, tomando en cuenta que las plagas a las que el agricultor se enfrenta como hongos bacterias y virus son de un tamaño microscópico, se tiene que buscar cubrir una mayor área con el producto que se está utilizando para combatir dichas plagas, también se entiende que si el producto no es asimilado rápidamente por la planta principalmente los fertilizantes se puede tener una perdida por evaporación o por lavado en caso de una lluvia, es por esto que el uso de un coadyuvante tensioactivo que facilite la cobertura y asimilación es necesario para tener mejores rendimientos en los distintos cultivos

Objetivos

Objetivo general

Probar tres coadyuvantes tenso activos surfactantes con tres diferentes soluciones o caldos sobre una superficie foliar en el laboratorio de fitopatología de la facultad de ciencias agrícolas y forestales

Objetivos específicos

- Evaluar cuál de los tres coadyuvantes (Langer DP, New Fix, y Komus) logra una mayor cobertura en el área foliar con el caldo bordelés
- Evaluar cuál de los tres coadyuvantes (Langer DP, New Fix, y Komus) logra una mayor cobertura en el área foliar con el sulfuro de calcio
- Evaluar cuál de los tres coadyuvantes (Langer DP, New Fix, y Komus) logra una mayor cobertura en el área foliar con el caldo mix
- Comparar si los coadyuvantes afectan el pH del agua, o de los caldos que se utilizaron en el ensayo

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

1.1 ¿Qué son los coadyuvantes?

Los coadyuvantes también conocidos como adyuvantes son sustancias químicas que se añaden directamente a las formulaciones de plaguicidas o a la solución plaguicida del tanque de pulverización, cuyas propiedades son capaces de mejorar la actividad del ingrediente activo (i.a), consistencia de la solución del plaguicida y reducción del fenómeno de deriva. Los adyuvantes pueden mejorar el rendimiento del plaguicida modificando el patrón de rociado, gota, calidad de pulverización y tasa de movimiento del plaguicida en la planta (absorción y penetración) (INTAGRI, 2017.).

Rol de los coadyuvantes agrícolas

la gran mayoría de las incorporaciones de coadyuvantes van dirigidas a los siguientes objetivos:

- Mejorar el comportamiento de los agroquímicos a través del incremento del área de contacto, la retención y la absorción.
- Corregir problemas en el agua de aplicación
- Compatibilizar y estabilizar mezcla de productos
- Controlar la deriva
- Controlar la generación de espuma dentro del tanque

(Arrospide,2004).

Deriva en la Agricultura

Según Smith la deriva en la agricultura se refiere al desplazamiento no intencional de productos fitosanitarios (como herbicidas, insecticidas, fungicidas y otros agroquímicos) desde el área de aplicación prevista hacia áreas no objetivo. Este fenómeno puede ocurrir durante o después de la aplicación del producto y puede tener diversas causas y consecuencias. (Smith, 2015).

Tipos de Deriva

Deriva de Pulverización

La deriva de pulverización se produce cuando las gotas del producto fitosanitario, aplicadas mediante pulverización, son arrastradas por el viento y no alcanzan el objetivo previsto. Esta deriva puede ocurrir durante la aplicación. Algunos de los factores que contribuyen a los efectos de la deriva son las condiciones meteorológicas (especialmente el viento), el tamaño de las gotas producidas por las boquillas de pulverización, la altura de aplicación y la velocidad del equipo de pulverización. (Smith, 2015).

Deriva de Vapor

La deriva de vapor ocurre después de la aplicación, cuando el producto fitosanitario se volatiliza y es transportado como gas por el viento. Algunos de los factores contribuyentes son la volatilidad del producto, la temperatura ambiente, la humedad relativa y la presencia de inversión térmica, donde el aire caliente se sitúa sobre una capa de aire frío cerca del suelo, aumentando el riesgo de movimiento del vapor. (Smith, 2015).

Factores que Influyen en la Deriva

Condiciones Climáticas:

Viento: La velocidad y dirección del viento son factores críticos. Vientos fuertes aumentan la probabilidad de deriva de pulverización (Smith, 2015).

Temperatura y Humedad: Altas temperaturas y baja humedad pueden incrementar la volatilización de los productos fitosanitarios, aumentando la deriva de vapor (Smith, 2015).

Inversión Térmica: Las condiciones de inversión térmica pueden atrapar los vapores cerca del suelo, aumentando el riesgo de deriva (Smith, 2015).

Características del Producto

Gotas más pequeñas son más susceptibles a la deriva que las gotas más grandes. Productos con mayor volatilidad tienen un mayor riesgo de deriva de vapor. (Smith, 2015).

Impactos de la Deriva

Impacto en Cultivos No Objetivo

La deriva puede causar daño a cultivos sensibles en áreas adyacentes, reduciendo los rendimientos y la calidad de los cultivos afectados (Smith, 2015).

Impacto Ambiental

La deriva puede contaminar cuerpos de agua, suelos y vegetación no objetivo, afectando negativamente la biodiversidad y la salud de los ecosistemas (Jones & Clark, 2017).

Salud Humana

La exposición a productos fitosanitarios debido a la deriva puede tener efectos adversos en la salud de los trabajadores agrícolas, los residentes cercanos y la fauna (Brown et al., 2018).

Medidas para Reducir la Deriva

Monitoreo de Condiciones Climáticas

Es fundamental aplicar productos fitosanitarios en condiciones de viento calmado y temperaturas moderadas para minimizar la deriva (Smith, 2015).

Uso de Tecnología Adecuada

Utilizar boquillas que produzcan gotas más grandes y reducir la altura de aplicación puede disminuir significativamente la deriva (Jones & Clark, 2017).

Coadyuvantes

El uso de coadyuvantes que mejoren la adhesión y la reducción de la volatilización de los productos fitosanitarios puede ayudar a minimizar la deriva (Brown et al., 2018).

Barreras Vegetales

Implementar barreras naturales o artificiales puede atrapar las partículas derivadas y reducir su movimiento fuera del área de aplicación (Smith, 2015).

Mecanismos de Acción de los Tensioactivos.

Reducción de la Tensión Superficial

Los tensioactivos, también conocidos como surfactantes, reducen la tensión superficial de las soluciones de pulverización. Esto permite que las gotas se aplanen y se adhieran mejor a las

superficies de las hojas, aumentando la cobertura y la penetración del producto en la planta objetivo (InfoAgronomo, 2018).

Aumento del Tamaño de las Gotas

Al reducir la tensión superficial, los tensioactivos pueden ayudar a formar gotas más grandes. Las gotas más grandes son menos susceptibles a ser desviadas por el viento, lo que reduce significativamente el problema de deriva (INTAGRI, 2017) .

Mejora de la Adherencia y Penetración

Los tensioactivos ayudan a que las gotas de pulverización se adhieran mejor a las superficies de las hojas y penetren más efectivamente en los tejidos de la planta. Esto no solo mejora la efectividad del pesticida sino que también reduce la cantidad de producto que podría ser desplazado hacia áreas no deseadas (InfoAgronomo2018).

Tipos de Tensioactivos y sus Funciones

Surfactantes no iónicos: Son los más comúnmente utilizados debido a su compatibilidad con una amplia gama de pesticidas. Ayudan con la retención, dispersión y penetración de las gotas en las hojas (InfoAgronomo, 2018).

Tensioactivos organosiliconados: Estos son especialmente efectivos en reducir la tensión superficial y mejorar la dispersión de las gotas, así como la resistencia a la lluvia. Esto asegura que el pesticida permanezca en la superficie de la hoja y no sea arrastrado (InfoAgronomo2018).

Características de los Coadyuvantes Tenso activos

Activadores

Son los coadyuvantes más conocidos y usados en las formulaciones de pulverización foliar, cuyo principal modo de acción consiste en reducir la tensión superficial de las gotas de la aspersión. Esto permite aplanar la gota y que esta se extienda sobre un área mayor de la hoja, además, los surfactantes pueden reducir la cantidad de rebote que una gota experimenta cuando sale de la

boquilla hacia una hoja permitiendo un mayor éxito en el depósito. El surfactante por la carga iónica de la parte activa de la molécula se clasifican en: iónicos, no iónicos y ambivalentes o anfóteros. Los surfactantes no iónicos son los más utilizados en aplicaciones foliares y de este grupo los más comúnmente utilizados en mezclas con pesticidas son los órgano-siliconados. Se recomienda su uso para productos fitosanitarios con acción de contacto.

Aceites. Los concentrados de aceites son coadyuvantes que ayudan a los plaguicidas a superar las barreras de la hoja para penetrar mejor las membranas. Sus componentes aceitosos suavizan o interrumpen las ceras de las hojas. Estos compuestos pueden ser de origen natural o mineral. Generalmente se utilizan en mezcla con herbicidas para mejorar la penetración del ingrediente activo en las malezas. Adherentes, pegatinas o stickers. Son coadyuvantes que ayudan a que las gotitas de pulverización se adhieran mejor a la planta objetivo en condiciones ventosas o lluviosas o por acción mecánica. Las etiquetas suelen incorporar látex (el material utilizado en la pintura de la casa para formar una capa uniforme, impermeable) o resinas que ayudan al depósito de las pulverizaciones espolvoreadas a adherirse a la superficie de la hoja. Humectantes (retardadores de evaporación o antievaporantes). Son coadyuvantes considerados adherentes que pueden ser de origen natural o sintético y están diseñados para retardar la evaporación del agua en el aire o en la hoja, es decir, estos compuestos reducen el proceso de secado de la solución y retardan la cristalización del plaguicida, y el ingrediente activo al permanecer más tiempo en forma líquida sobre la hoja mayor oportunidad de penetración tendrá. Son coadyuvantes útiles en cultivos establecidos en zonas áridas o semiáridas (INTAGRI. 2017).

Utilitarios

Son agentes acondicionadores o de ablandamiento del agua.

Son coadyuvantes que se unen con iones disueltos como el magnesio y calcio de aguas duras, es decir, mediante la quelación atrapan los iones disueltos de aguas cuya dureza es alta. Secuestrar o bloquear estos iones permite que la planta objetivo absorba más fácilmente el ingrediente activo del plaguicida ya que no existe interferencia. Ejemplos de coadyuvantes acondicionadores de agua son el sulfato de amonio y el fosfato dipotásico (INTAGRI. 2017.).

Ajustadores de pH (acidificantes y amortiguadores o buffer).

Los ajustadores de pH son coadyuvantes que mantienen o prolongan la estabilidad de un pesticida modificando el pH final de la solución de pulverización. La mayoría de los ajustadores de pH son acidificantes que reducen el pH y los adyuvantes que aumentan el pH son menos comunes. El buffer (tampón) y el acidificante se utilizan a menudo indistintamente, pero son muy diferentes. El agua tiene poca o ninguna capacidad de amortiguación, por lo que una pequeña cantidad de un ajustador de pH puede alterar significativamente el pH de la solución de pulverización. Un acidificante disminuirá el pH, pero el pH de la solución resultante es todavía sensible a cualquier otro compuesto que pueda añadirse a él. Hasta cierto punto, un buffer puede mantener el pH de la solución de pulverización a un nivel contante incluso cuando se agregan más productos; estos son útiles cuando se usan pesticidas sensibles al pH. Para la mayoría de los plaguicidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas), el rango óptimo de pH en el agua antes de mezclarse deberá ser de 5.5 a 6.5, mientras que en un pH superior a 7.0 las moléculas corren el riego de degradación y con ello la pérdida de su efectividad biológica. (INTAGRI. 2017.).

Agentes supresores de deriva o antideriva

(auxiliares de deposición y retención). Son coadyuvantes que ayudan a minimizar la deriva de las aspersiones foliares de plaguicidas y tiene como objetivo evitar aplicaciones en áreas aledañas al cultivo. Algunos de estos adyuvantes espesan la solución o caldo del plaguicida, es decir, vuelven viscosa la mezcla afectando finalmente la forma de las gotas. Estas sustancias pueden funcionar con ciertos tipos de boquillas y pueden no ser tan adecuados para boquillas específicas, especialmente las de inducción de aire o de venturi, ya que al tener mayor viscosidad puede existir obturación de las boquillas. Es importante tomar en cuenta que un coadyuvante antideriva por sí solo no eliminará el fenómeno, sino que es necesario tomar otras medidas como el uso boquillas adecuadas, condiciones ambientales óptimas, etc. (INTAGRI. 2017.).

Agentes de compatibilidad.

Son coadyuvantes que ayudan a productos incompatibles a trabajar juntos. Es común observar que los productores mezclan dos o más productos fitosanitarios en sus preparaciones y esto puede resultar en incompatibilidades, es decir, pueden existir interacciones físicas y químicas cuando se mezclan dos o más plaguicidas en la solución de pulverización. Siempre se debe verificar las

etiquetas del producto para obtener información sobre la compatibilidad de fitosanitarios antes de preparar una mezcla de pulverización. Estas sustancias se pueden usar incluso cuando se hacen mezclas entre plaguicidas y fertilizantes. Generalmente se usan en laboratorios, ya que la mezcla a nivel de campo puede causar reacciones químicas peligrosas (INTAGRI. 2017.).

Antiespumantes.

Son coadyuvantes que se usan para controlar o prevenir que el aire quede atrapado en una mezcla de pulverización mientras se prepara, se mezcla o se aplica. Los agentes antiespumantes son más útiles cuando están en la mezcla de tanque y evitan que se forme espuma. Algunos productos inhiben la formación de espuma al reducir la tensión superficial de las burbujas de aire, lo que les permite volver al estado líquido (INTAGRI. 2017.).

Información en la etiqueta

Coadyuvante en la etiqueta	Modo de acción propuesto
Surfactante o Tensioactivo	Disminuye la tensión superficial
Detergente	Equivalente a tensioactivo o surfactante
Desparramante	Equivalente a tensioactivo o surfactante
Adherente	Promotor de la retención de la solución, resistente a la lluvia
Auxiliar de retención	Promotor de la retención de la solución, resistente a la lluvia
Agente tampón o Regulador de pH	Regulacion de pH
Neutralizante	Regulacion de pH
Acidulante	Disminucion del pH
Penetrante	Promotor de la tasa de penetración foliar (solubilizante de componentes cuticulares
Sinergizante	Promotor de la tasa de penetración foliar
Activador	Promotor de la tasa de penetración foliar
Agente de compatibilidad	Mejorador de la compatibilidad de la formulación
Humectante	Retardante del secado de la solución mediante la disminución del punto de delicuescebcia (POD) de la formulación sobre la hoja
Anti deriva	Mejora de la localización del spray y deposición en el follaje
Anti rebote	Mejorador de la localización del spray y deposición en el follaje

(INTAGRI. 2017.).

Surfactantes

Surfactantes

Actúan como agentes mojantes, esparcidores, formadores de película que mejoran la capacidad de absorción de los productos. Son compuestos que reducen la tensión superficial entre líquidos o entre líquidos y sólidos. En aplicaciones agrícolas, los surfactantes facilitan la dispersión uniforme del pesticida sobre la superficie de las plantas. Mejoran la mojabilidad de las hojas y la penetración del producto en la cutícula, optimizando así su eficacia biocida (Zhu et al., 2017).

No iónicos

Los coadyuvantes surfactantes no iónicos son compuestos químicos ampliamente utilizados en diversas industrias debido a sus propiedades únicas de reducción de la tensión superficial y mejora de la solubilidad de otros componentes. A diferencia de los surfactantes iónicos, los surfactantes no iónicos no se disocian en soluciones acuosas, lo que les confiere ciertas ventajas en aplicaciones específicas. (Rosen & Kunjappu, 2012).

Propiedades y Clasificación

Los surfactantes no iónicos son moléculas que contienen grupos hidrofílicos y lipofílicos, los cuales no se ionizan en soluciones acuosas. Su estructura química típica incluye un grupo polar, como un óxido de etileno, y un grupo apolar, como una cadena hidrocarbonada. Estos compuestos pueden clasificarse en varias categorías, dependiendo de la naturaleza de sus grupos hidrofílicos y lipofílicos (Rosen & Kunjappu, 2012).

Propiedades Físico-Químicas

Las propiedades físico-químicas de los surfactantes no iónicos incluyen su capacidad para reducir la tensión superficial del agua, lo cual es crucial para aplicaciones que requieren la dispersión o emulsificación de otros componentes. Además, estos surfactantes son conocidos por su baja irritación cutánea y ocular, lo que los hace adecuados para su uso en productos cosméticos y de cuidado personal (Myers, 2006).

Agricultura

En la agricultura, los surfactantes no iónicos juegan un papel esencial como coadyuvantes en la formulación de pesticidas. Su función principal es mejorar la dispersión y adhesión de los pesticidas sobre la superficie de las hojas de las plantas, lo que aumenta la eficiencia del tratamiento (Green & Beestman, 2007).

Mecanismos de Acción

El funcionamiento de los surfactantes no iónicos se basa en su capacidad para reducir la tensión superficial entre dos fases, como el agua y el aceite. Este efecto se logra mediante la orientación de las moléculas de surfactante en la interfaz, con los grupos hidrofílicos en contacto con el agua y los grupos lipofílicos en contacto con el aceite (Holmberg et al., 2002).

Reducción de la Tensión Superficial

La reducción de la tensión superficial es una de las propiedades más importantes de los surfactantes no iónicos. Esto facilita la formación de emulsiones y dispersiones estables, esenciales en aplicaciones industriales y comerciales (Scott & Jones, 2000).

Solubilización y Emulsificación

Los surfactantes no iónicos mejoran la solubilidad de compuestos hidrofóbicos en soluciones acuosas, un proceso conocido como solubilización. Además, facilitan la formación de emulsiones, mezclando líquidos inmiscibles en una fase continua homogénea (Holmberg et al., 2002).

Impacto Ambiental y Seguridad

A pesar de sus múltiples beneficios, el uso de surfactantes no iónicos plantea preocupaciones ambientales. Estos compuestos pueden ser persistentes en el medio ambiente y potencialmente tóxicos para la vida acuática. Por ello, es crucial evaluar y regular su uso para minimizar los riesgos ambientales (Scott & Jones, 2000).

Persistencia y Toxicidad

Los surfactantes no iónicos pueden ser persistentes en el medio ambiente debido a su resistencia a la biodegradación. Esta persistencia puede resultar en la acumulación de estos compuestos en cuerpos de agua, afectando negativamente a la vida acuática. Además, algunos surfactantes no iónicos pueden ser tóxicos para ciertos organismos acuáticos, lo que subraya la necesidad de un uso controlado y regulado (Scott & Jones, 2000).

Evaluación y Regulación

Para mitigar los posibles impactos ambientales de los surfactantes no iónicos, es esencial realizar evaluaciones rigurosas de su biodegradabilidad y toxicidad antes de su comercialización. Las regulaciones ambientales deben enfocarse en limitar las concentraciones de estos compuestos en efluentes industriales y promover el desarrollo de alternativas más ecológicas (Green & Beestman, 2007).

1.1.1 Coadyuvantes Anicónicos

Los surfactantes aniónicos son compuestos químicos que se disocian en solución acuosa para formar un ion cargado negativamente (anión) y un ion positivo (catión), generalmente un metal alcalino. Estos surfactantes son conocidos por su excelente capacidad de limpieza y formación de espuma, lo que los hace esenciales en muchas aplicaciones industriales y domésticas. (Rosen & Kunjappu, 2012).

Propiedades y Clasificación

Los surfactantes aniónicos contienen un grupo hidrofílico cargado negativamente, como sulfatos, sulfonatos, o carboxilatos, y un grupo hidrofóbico compuesto por una cadena hidrocarbonada. Esta estructura les confiere propiedades detergentes sobresalientes, especialmente en la eliminación de grasas y aceites (Rosen & Kunjappu, 2012).

Propiedades Físico-Químicas

Las propiedades físico-químicas de los surfactantes aniónicos incluyen alta solubilidad en agua, capacidad de formar micelas y excelente rendimiento a bajas concentraciones. Además, son altamente efectivos en la reducción de la tensión superficial, lo que facilita la remoción de suciedad (Myers, 2006).

Clasificación de los Surfactantes Aniónicos

1. **Alquilsulfonatos**: Compuestos que contienen un grupo sulfonato unido a una cadena alquílica. Son ampliamente utilizados en detergentes y productos de limpieza. (Holmberg et al., 2002).
2. **Alquilsulfatos**: Formados por la esterificación de alcoholes con ácido sulfúrico, estos surfactantes son comunes en jabones y champús. (Holmberg et al., 2002).
3. **Carboxilatos**: Incluyen sales de ácidos grasos, como los jabones tradicionales, que se utilizan en diversas aplicaciones de limpieza (Holmberg et al., 2002).

Agricultura

En la agricultura, los surfactantes aniónicos se utilizan como coadyuvantes en pesticidas, mejorando la dispersión y adhesión de los productos químicos en las superficies vegetales. Esto aumenta la efectividad de los tratamientos pesticidas (Green & Beestman, 2007).

Mecanismos de Acción

Los surfactantes aniónicos actúan principalmente mediante la reducción de la tensión superficial y la formación de micelas. Esto facilita la solubilización y emulsificación de compuestos hidrofóbicos, mejorando su eliminación en procesos de limpieza y formulaciones de productos químicos (Holmberg et al., 2002).

Impacto Ambiental y Seguridad

El uso de surfactantes aniónicos presenta desafíos ambientales debido a su potencial toxicidad y persistencia en el medio ambiente. Es esencial evaluar su biodegradabilidad y toxicidad para minimizar los riesgos asociados con su uso (Scott & Jones, 2000).

Coadyuvantes cationicos

Los surfactantes catiónicos son compuestos químicos que se disocian en solución acuosa para formar un ion cargado positivamente (catión) y un ion negativo (anión). Estos surfactantes son conocidos por sus propiedades antimicrobianas y acondicionadoras, lo que los hace esenciales en productos de cuidado personal y desinfectantes. (Rosen & Kunjappu, 2012).

Propiedades y Clasificación

Los surfactantes catiónicos contienen un grupo hidrofílico cargado positivamente, como amonio cuaternario, y un grupo hidrofóbico compuesto por una cadena hidrocarbonada. Esta estructura les confiere propiedades antimicrobianas y capacidad para neutralizar cargas negativas en superficies, lo que es útil en una variedad de aplicaciones (Rosen & Kunjappu, 2012).

Propiedades Físico-Químicas

Las propiedades físico-químicas de los surfactantes catiónicos incluyen alta afinidad por superficies cargadas negativamente, capacidad de formación de películas y propiedades antimicrobianas. Además, son efectivos en la reducción de la tensión superficial, aunque no tanto como los surfactantes aniónicos (Myers, 2006).

Clasificación de los Surfactantes Catiónicos

1. **Sales de Amonio Cuaternario**: Compuestos que contienen un ion amonio cuaternario. Son ampliamente utilizados en desinfectantes y acondicionadores de telas. (Holmberg et al., 2002).
2. **Derivados de Amidas**: Surfactantes catiónicos que contienen un grupo amida. Son comunes en productos de cuidado personal y cosméticos. (Holmberg et al., 2002).

3. **Éteres de Amonio**: Compuestos formados por la reacción de alcoholes con compuestos amónicos. Son utilizados en la industria textil y del cuero (Holmberg et al., 2002).

Aplicaciones Industriales

Los surfactantes catiónicos son utilizados en una variedad de aplicaciones industriales debido a sus propiedades únicas. (Myers, 2006).

Desinfectantes y Sanitizantes

Los surfactantes catiónicos, especialmente las sales de amonio cuaternario, son componentes clave en la formulación de desinfectantes y sanitizantes. Su capacidad para destruir microorganismos los hace ideales para estas aplicaciones (Myers, 2006).

Mecanismos de Acción

Los surfactantes catiónicos actúan principalmente mediante la adsorción en superficies cargadas negativamente y la interrupción de las membranas celulares de los microorganismos. Esto resulta en la neutralización de cargas y la destrucción de microorganismos, mejorando la limpieza y la desinfección (Holmberg et al., 2002).

Impacto Ambiental y Seguridad

El uso de surfactantes catiónicos presenta desafíos ambientales debido a su toxicidad para organismos acuáticos y su persistencia en el medio ambiente. Es crucial evaluar su biodegradabilidad y toxicidad para minimizar los riesgos asociados con su uso (Scott & Jones, 2000).

Coadyuvantes Anfotéricos

Los surfactantes anfotéricos son compuestos químicos que pueden portar tanto cargas positivas como negativas dependiendo del pH del medio. Esta versatilidad les permite adaptarse a una variedad de aplicaciones, combinando las propiedades de los surfactantes aniónicos y catiónicos. En el ámbito agrícola, los surfactantes anfotéricos juegan un papel crucial como coadyuvantes en

la formulación de pesticidas y otros agroquímicos, mejorando su eficacia y seguridad. (Rosen & Kunjappu, 2012).

Propiedades y Clasificación

Los surfactantes anfotéricos contienen grupos funcionales que pueden ionizarse de manera positiva o negativa según el pH del entorno. Esta dualidad les permite interactuar eficazmente con diversas superficies y compuestos, mejorando la estabilidad y efectividad de las formulaciones agrícolas (Rosen & Kunjappu, 2012).

Propiedades Físico-Químicas

Las propiedades físico-químicas de los surfactantes anfotéricos incluyen alta solubilidad en agua, capacidad de formación de micelas, y compatibilidad con una amplia gama de otros surfactantes y aditivos. Estas propiedades son esenciales para su uso en la agricultura, donde la efectividad de los pesticidas y fertilizantes puede verse significativamente mejorada mediante la reducción de la tensión superficial y la mejora de la dispersión y penetración (Myers, 2006).

Clasificación de los Surfactantes Anfotéricos

1. **Betainas**: Compuestos derivados de la glicina con un grupo carboxilato y un grupo cuaternario de amonio. Son ampliamente utilizados como coadyuvantes en pesticidas debido a su capacidad para mejorar la humectación y la adhesión a las superficies de las plantas. (Holmberg et al., 2002).
2. **Imidazolinios**: Surfactantes que contienen un anillo de imidazolina, conocidos por su suavidad y capacidad de penetración. Estos surfactantes son útiles en formulaciones de pesticidas que requieren una buena absorción foliar. (Holmberg et al., 2002).
3. **Anfóteros Clásicos**: Incluyen surfactantes con grupos amino y carboxilo, como los derivados de aminoácidos, que son utilizados en diversas formulaciones de agroquímicos por su versatilidad y efectividad en una amplia gama de condiciones de pH (Holmberg et al., 2002).

Aplicaciones en la Agricultura

En la agricultura, los surfactantes anfotéricos son utilizados principalmente como coadyuvantes en la formulación de pesticidas, herbicidas y fertilizantes. Su capacidad para mejorar la humectación, dispersión y penetración de estos productos en las plantas es crucial para maximizar la eficacia de los tratamientos y minimizar el uso de químicos, lo que resulta en beneficios económicos y ambientales. (Green & Beestman, 2007).

Pesticidas y Herbicidas

Los surfactantes anfotéricos mejoran la eficacia de los pesticidas y herbicidas mediante varios mecanismos. Su capacidad para reducir la tensión superficial del agua facilita la humectación de las hojas y otras superficies vegetales, asegurando una cobertura uniforme del producto. Además, estos surfactantes mejoran la penetración de los ingredientes activos a través de las cutículas de las plantas, aumentando la absorción y la efectividad del tratamiento (Green & Beestman, 2007).

Fertilizantes Foliares

En las formulaciones de fertilizantes foliares, los surfactantes anfotéricos actúan como agentes dispersantes y humectantes. Mejoran la distribución del fertilizante sobre las hojas y su absorción en los tejidos vegetales. Esto es especialmente importante en cultivos que requieren aplicaciones precisas y eficientes de nutrientes para optimizar el crecimiento y el rendimiento (Rosen & Kunjappu, 2012).

Mecanismos de Acción

Los surfactantes anfotéricos funcionan mediante la reducción de la tensión superficial y la formación de micelas, lo que facilita la dispersión y solubilización de los ingredientes activos en las soluciones de pesticidas y fertilizantes. Su capacidad única para adaptarse a cambios de pH les permite interactuar eficazmente con una variedad de superficies y compuestos, mejorando la estabilidad de las formulaciones y la absorción de los productos aplicados (Holmberg et al., 2002).

Reducción de la Tensión Superficial

La reducción de la tensión superficial es uno de los mecanismos clave mediante los cuales los surfactantes anfotéricos mejoran la eficacia de los pesticidas y fertilizantes. Al reducir la tensión superficial del agua, estos surfactantes facilitan la humectación y la distribución uniforme de los productos químicos sobre las superficies de las plantas. Esto asegura una cobertura más completa y efectiva, lo que es crucial para el control de plagas y el suministro de nutrientes (Myers, 2006).

Formación de Micelas y Solubilización

La capacidad de los surfactantes anfotéricos para formar micelas también juega un papel importante en su eficacia. Las micelas permiten la solubilización de ingredientes activos hidrofóbicos en soluciones acuosas, mejorando su disponibilidad y absorción por las plantas. Esto es especialmente importante en la formulación de pesticidas y herbicidas, donde la solubilidad de los ingredientes activos puede ser un factor limitante en su eficacia (Holmberg et al., 2002).

Impacto Ambiental y Seguridad

El uso de surfactantes anfotéricos en la agricultura presenta ciertos beneficios ambientales en comparación con otros tipos de surfactantes. Estos compuestos suelen ser más biodegradables y menos tóxicos para el medio ambiente, lo que reduce el riesgo de contaminación y daño a los ecosistemas acuáticos y terrestres. Sin embargo, es importante seguir evaluando su impacto ambiental y asegurar un uso responsable para minimizar posibles riesgos (Scott & Jones, 2000).

Biodegradabilidad y Toxicidad

Los surfactantes anfotéricos son generalmente más biodegradables que los surfactantes aniónicos y catiónicos, lo que reduce su persistencia en el medio ambiente. Además, presentan una menor toxicidad para los organismos acuáticos y terrestres, lo que disminuye el riesgo de impactos negativos en los ecosistemas. No obstante, la evaluación continua de su biodegradabilidad y toxicidad es esencial para asegurar un uso seguro y sostenible en la agricultura (Scott & Jones, 2000).

Regulación y Uso Responsable

Para minimizar los posibles impactos ambientales de los surfactantes anfotéricos, es crucial seguir regulaciones estrictas y promover prácticas de uso responsable. Esto incluye la evaluación y monitoreo de su uso en formulaciones agrícolas, así como la investigación y desarrollo de alternativas más ecológicas. La cooperación entre científicos, reguladores y la industria es fundamental para asegurar que los beneficios de estos compuestos se maximicen mientras se minimizan los riesgos ambientales (Green & Beestman, 2007).

Aceites Emulsionables Concentrados y Aceites Minerales

Los aceites emulsionantes bajan la tensión superficial de la solución, mejorando la capacidad de esparcimiento, así como la adherencia. Incrementan la capacidad de penetración, ayudan a atravesar la cutícula y alargan el tiempo de secado con lo que se incrementa el tiempo de absorción. Solubilizan algunos activos que presentan baja solubilidad en agua.

Los aceites pueden ser de origen vegetal o mineral. (Arrospide. 2016.).

Los Aceites minerales Son aceites parafinicos refinados con un mínimo de residuos no sulfonable de 92%, lo que hace mínima la aparición de efectos fitotóxicos en las plantas. Aceites vegetales: Son aceites de granos oleaginosos como soya o girasol, presentan menor efectividad que los aceites minerales y también menos fitotoxicidad. El proceso de esterificación de los aceites vegetales ha dado lugar a una nueva categoría denominada aceites vegetales metilados. Estos, presentan una buena capacidad de penetración, siendo equivalentes en varios parámetros a los aceites parafínicos. Sales, compuestos amoniacales, ácidos orgánicos: Algunos productos como los herbicidas formulados como sales, son severamente afectados por la presencia de minerales disueltos en el agua. (Arrospide. 2016.).

Los aceites emulsionables concentrados son mezclas de aceites con surfactantes que facilitan la aplicación del pesticida y mejoran la cobertura sobre las superficies vegetales. Los aceites minerales actúan como surfactantes, mejorando la adherencia y la penetración del pesticida en la cutícula de las plantas, además de reducir la evaporación del producto aplicado (Forster et al., 2003).

Acción Humectante

Cuando las cadenas hidrocarbonadas o lipofílicas (colas) se adhieren a la superficie que se desea mojar facilitan con ello la impregnación de la sustancia asperjada e impiden con ello que las mismas resbalen sin adherirse a la hoja. Un humectante es un tensoactivo con un HLB medio (7 - 9) (situado en la parte central de la escala según la Figura 2). Por lo tanto, cuando el tensoactivo se disuelve en agua, provoca una disminución del ángulo de contacto, mojando o humectando una mayor proporción de la superficie (Infoagronomo 2018)

Coadyuvantes Agrícolas y su Distinción de los Pesticidas

> Los pesticidas son sustancias o mezclas de sustancias destinadas a prevenir, destruir, repeler o mitigar cualquier plaga. Esto incluye insectos, plantas indeseadas (malezas), hongos, bacterias y otros organismos que puedan afectar negativamente los cultivos. (Infoagronomo 2018)

Pesticidas

Definición y Función

Los pesticidas son sustancias o mezclas de sustancias destinadas a prevenir, destruir, repeler o mitigar cualquier plaga. Esto incluye insectos, plantas indeseadas (malezas), hongos, bacterias y otros organismos que puedan afectar negativamente los cultivos. (Infoagronomo)

Clasificación de Pesticidas

1. **Insecticidas:** Para el control de insectos.
2. **Herbicidas:** Para el control de malezas.
3. **Fungicidas:** Para el control de hongos.
4. **Bactericidas:** Para el control de bacterias.

(Arrospide. 2016.).

Mecanismo de Acción

Los pesticidas actúan mediante diversos mecanismos, dependiendo del tipo de plaga objetivo. Pueden afectar el sistema nervioso de los insectos, inhibir procesos fisiológicos esenciales en plantas no deseadas o destruir la estructura celular de hongos y bacterias. (Arrospide. 2016.).

Diferencias Claves entre Coadyuvantes y Pesticidas

Propósito y Uso

- **Coadyuvantes Agrícolas:** Se utilizan para mejorar la eficacia y aplicación de los pesticidas y otros agroquímicos. No tienen efectos directos sobre las plagas o enfermedades. (Arrospide. 2016.).
- **Pesticidas:** Son agentes activos que directamente eliminan o controlan plagas y enfermedades que afectan los cultivos. (Infoagronomo 2018)

Actividad Biosida

- **Coadyuvantes Agrícolas:** No poseen actividad biosida propia. (Arrospide. 2016.).
- **Pesticidas:** Tienen propiedades biocidas que les permiten eliminar o controlar organismos nocivos. (Infoagronomo 2018)

Regulación y Aplicación

- **Coadyuvantes Agrícolas:** Su regulación puede variar, pero generalmente no se clasifican como pesticidas. Son evaluados por su capacidad de mejorar la acción de los pesticidas sin tener efectos tóxicos directos sobre las plagas.
- **Pesticidas:** Están sujetos a estrictas regulaciones debido a su potencial toxicidad y el impacto ambiental. Deben pasar por rigurosas pruebas de seguridad y eficacia.

(Infoagronomo, 2018)

Factores que afectan efectividad de las aplicaciones de agroquímicos

En términos generales podemos resumirlas en:

· Calidad del agua

· Composición del agroquímico en cuanto a sus activos y aditivos

· Condiciones climáticas imperantes

· Características y estado de desarrollo de la plaga, enfermedad o maleza que se pretende controlar

· Características y condición de los equipos de aplicación. (Arrospide,2004).

Dado que la efectividad de una aplicación está condicionada por múltiples variables, una única formulación no puede contemplar las diversas condiciones de los otros factores que intervienen. Los coadyuvantes y aditivos son usados para mejorar la efectividad de los productos a través del ajuste de los caldos de pulverización a las condiciones específicas de aplicación, levantando así las restricciones que presenta el hecho de trabajar con una composición fija del agroquímico o mezcla de agroquímicos. (Arrospide,2004).

Calidad del agua para aplicaciones

El agua es el solvente de la gran mayoría de los productos en las aplicaciones agrícolas. En términos de calidad de agua para aplicaciones, se reconocen tres variables que pueden afectar de forma importante la actividad de muchos productos, estas son:

1) pH - Acidez / Alcalinidad
2) Minerales disueltos en el agua
3) Partículas suspendidas en el agua.

(Arrospide,2004).

Calidad del Agua y Estabilidad de los Pesticidas

La estabilidad de los pesticidas puede verse comprometida por la presencia de minerales disueltos en el agua utilizada durante las aplicaciones. Según Smith y Jones (2015), las aguas duras, caracterizadas por altas concentraciones de calcio y magnesio, pueden reducir la eficacia de ciertos coadyuvantes al interferir con su capacidad para dispersarse adecuadamente en la solución de pulverización. Además, la interacción de estos iones con los ingredientes activos de los pesticidas puede alterar su formulación y potencialmente disminuir su actividad biológica (García et al., 2018).

Interacción Química y Bioactividad

La presencia de iones metálicos como el hierro y el manganeso en el agua puede tener efectos adversos sobre la bioactividad de los productos agrícolas. Investigaciones indican que estos iones pueden formar complejos con los ingredientes activos de los pesticidas, resultando en la formación de precipitados que reducen la disponibilidad del principio activo para el control de plagas y enfermedades (Brown y Smith, 2017). Este fenómeno subraya la importancia de evaluar la calidad del agua utilizada en las aplicaciones agrícolas para minimizar la degradación de los productos y maximizar su efectividad. (Martínez et al., 2020).

Impacto Ambiental y Seguridad Alimentaria

El uso de agua de baja calidad o contaminada en las aplicaciones agrícolas puede tener consecuencias significativas para el medio ambiente y la seguridad alimentaria. La contaminación del agua con pesticidas residuales debido a una aplicación inadecuada puede afectar negativamente a los ecosistemas acuáticos y a las fuentes de agua potable (Chen et al., 2019). Además, la introducción de residuos no deseados en cultivos destinados al consumo humano plantea riesgos para la salud pública y la seguridad alimentaria (Martínez et al., 2020).

Minerales disueltos en el agua

La actividad de muchos productos puede ser adversamente afectada por minerales disueltos en el agua de aplicación. Esto, es especialmente grave en herbicidas formulados en forma de sal, como lo son las formulaciones de glifosato o 2.4 D amina. Los elementos o compuestos disueltos que se encuentran con mayor frecuencia son : Calcio Ca ++ ; Magnesio Mg++ ; Sodio Na+; Sulfato (SO4)-- ; Cloruro Cl- ; Bicarbonato (HCO3)- Menos frecuente es la presencia en cantidades significativas de Potasio K+ ; Hierro Fe++,Fe+++ ; Nitrato (NO3)- Los sólidos disueltos totales (S.D.T) se expresan en mg / l. o más generalmente en ppm

El término “agua dura” se refiere a la presencia de determinados minerales como carbonatos, sulfatos, cloruros de calcio, magnesio y hierro. La dureza normalmente se expresa en ppm. o gr/ l. de carbonato de calcio equivalente más la cantidad de magnesio presente como carbonato de calcio equivalente. Una clasificación en función de la dureza del agua es la siguie0nte

Ppm	**CaCO 3**

0 – 75	Blanda
75 - 150	Moderadamente dura
150 - 300	Dura
300 -	Muy Dura

(Arrospide,2004).

Composición y Efectos de la Dureza del Agua

La dureza del agua se define por la presencia de iones de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), los cuales pueden interactuar con los ingredientes activos de los agroquímicos. Según estudios realizados por García y Martínez (2019), aguas con alta dureza pueden formar complejos insolubles con algunos pesticidas, reduciendo su efectividad y disponibilidad en el suelo. Además, la dureza del agua puede afectar la estabilidad de los coadyuvantes utilizados en las formulaciones de agroquímicos, influenciando su capacidad para dispersarse adecuadamente y mejorar la penetración de los ingredientes activos en las plantas. (Brown y García, 2019).

Impacto en la Absorción de Nutrientes y Salud de los Cultivos

La presencia de altas concentraciones de calcio y magnesio en el agua de riego puede competir con la absorción de nutrientes esenciales por parte de las plantas. Según estudios de Brown y Smith (2020), la dureza del agua puede inhibir la absorción de micronutrientes como el hierro y el zinc, afectando negativamente el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Esta interferencia puede resultar en deficiencias nutricionales y reducciones en el rendimiento de los cultivos, especialmente en suelos con pH alcalino donde la disponibilidad de micronutrientes ya está limitada. (Brown y García, 2019).

Impactos Ambientales y Recomendaciones de Manejo

El uso de aguas duras en las aplicaciones agrícolas también conlleva riesgos ambientales significativos. La precipitación de carbonatos de calcio y magnesio en los sistemas de riego puede obstruir los conductos y filtros, reduciendo la eficiencia del riego y aumentando los costos operativos (Martínez et al., 2021). Además, los residuos de pesticidas y coadyuvantes adsorbidos

en partículas de sedimentos pueden contaminar fuentes de agua cercanas, afectando la calidad del agua potable y los ecosistemas acuáticos. (Brown y García, 2019).

Para mitigar los efectos adversos de la dureza del agua en la agricultura, es crucial implementar prácticas de manejo del agua. Esto incluye el uso de tratamientos de ablandamiento para reducir la dureza del agua antes de las aplicaciones agrícolas, así como la selección cuidadosa de coadyuvantes y formulaciones de agroquímicos que sean compatibles con las características específicas del agua utilizada (Jones y García, 2022). Además, monitorear regularmente la calidad del agua de riego y ajustar las prácticas de fertilización y riego puede ayudar a minimizar los impactos negativos en la producción agrícola y en el medio ambiente circundante. (Brown y García, 2019).

Composición y Efectos de los Minerales Suspendidos

Los minerales suspendidos en el agua de riego pueden incluir partículas de arcilla, limo, y materia orgánica en suspensión. Estas partículas pueden actuar como portadores de nutrientes o pesticidas, facilitando su transporte hacia las raíces de las plantas (Smith et al., 2018). Sin embargo, altas concentraciones de minerales suspendidos pueden obstruir los sistemas de riego y afectar la uniformidad de la distribución de los agroquímicos en el campo (Brown y García, 2019).

Interacción con Agroquímicos y Nutrientes

La presencia de minerales suspendidos puede influir en la interacción de los agroquímicos con el suelo y las plantas. Investigaciones indican que partículas finas en suspensión pueden adsorber pesticidas, afectando su disponibilidad y degradación en el suelo (Martínez y López, 2020). Además, minerales como el hierro y el manganeso pueden formar complejos con nutrientes esenciales, alterando su disponibilidad para las plantas y afectando su crecimiento.

Impacto en la Salud de los Cultivos

El exceso de minerales suspendidos en el agua de riego puede tener consecuencias negativas para la salud de los cultivos. La acumulación de sedimentos en los sistemas de riego puede reducir la eficiencia de la aplicación de agroquímicos, resultando en una menor absorción de nutrientes y

una mayor susceptibilidad a enfermedades y estrés hídrico (García et al., 2017). Esto puede impactar negativamente el rendimiento de los cultivos y la calidad de los productos agrícolas.

Gestión y Mitigación

Para mitigar los efectos de los minerales suspendidos en el agua de riego, es crucial implementar prácticas de gestión adecuadas. Esto incluye el uso de sistemas de filtración y sedimentación para eliminar partículas sólidas antes de la aplicación de agroquímicos (Jones y Smith, 2022). Además, monitorear regularmente la calidad del agua de riego y ajustar las prácticas de manejo del suelo pueden ayudar a minimizar los impactos negativos en la agricultura.

Compatibilidad química

En la formulación de los productos coadyuvantes, se emplean por lo general más de un tensoactivo con diferentes características físico–químicas y con diversas concentraciones, por lo que la generación de micelas es muy probable. La compatibilidad o incompatibilidad química de los herbicidas en mezcla, tiene una relación directa con la capacidad de solubilización e interacción química de los tensoactivos involucrados en la formulación de los mismos. La capacidad de solubilización micelar puede expresarse de cuatro formas diferentes dependiendo de los compuestos presentes:

- **Microemulsiones:** estas se presentan cuando se está en presencia de aceites o hidrocarburos, la solubilización se da en el interior lipofílico de las micelas formándose “microgotas” rodeadas del tensoactivo y manifestada por una turbidez en la solución.

- **Comicelización:** se da con la presencia de alcohol en la solución, el cual actúa como un “cosurfactante”. Este tipo de micelas presentan un gran poder de solubilización, producto del efecto sinérgico que proporciona la formación de micelas mixtas (con dos anfifílos), situación similar ocurre cuando se mezclan dos o más tensoactivos.

- **Macroemulsiones:** se presentan con los aditivos insolubles en agua y en el interior lipofílico de la micela a la cual se absorbe en su superficie, formando “macrogotas” fácilmente visibles.

-**Pseudoquelantes:** este tipo de solubilizantes, es característico de las micelas de tensoactivos no iónicos, donde las varias decenas de grupos de etileno secuestran a los compuestos orgánicos presentes en la solución (Alfaro, 2019).

La solubilización de tipo micelar en compuestos orgánicos y en solución acuosa es muy común y se puede verificar con la presencia de una turbidez o una precipitación, 19 mayormente visible cuando por dilución, se reduce la concentración del tensoactivo y las micelas liberan los aditivos que estas han solubilizado (FERNÁNDEZ 2004). Cuando la concentración del tensoactivo en la solución es relativamente elevada, las micelas pueden agruparse y hasta deformarse en geles, cristales, líquidos y microemulsiones. Por este motivo cuando se dosifica un coadyuvante, debe considerarse que si se sobrepasa la CMC se corre el riesgo de que las micelas se agrupen de forma tal que secuestren las moléculas del plaguicida, reduciendo con ello la cantidad de ingrediente activo necesario para combatir la plaga de interés. El balance hidrofílico y lipofílico de los tensoactivos involucrados en una determinada combinación de compuestos puede inducir a la formación de micelas (Alfaro, 2019).

Mecanismos de Acción de los tensoactivos surfactantes

Los coadyuvantes tensoactivos funcionan reduciendo la tensión superficial del agua y mejorando la capacidad de la solución de pulverización para cubrir eficientemente las superficies vegetales. (INTAGRI, 2017)

Reducción de la Tensión Superficial

Facilitan que la solución de pulverización forme gotas más uniformes y estables, reduciendo la deriva y mejorando la cobertura de las hojas. (INTAGRI, 2017)

Mejora de la Mojabilidad

Ayudan a que la solución de pulverización se extienda y se adhiera mejor a las superficies hidrófobas de las plantas, lo que facilita la absorción de los ingredientes activos. (INTAGRI, 2017)

Penetración en la Cutícula

Facilitan la entrada de los agroquímicos a través de la cutícula de las hojas, aumentando su eficacia al alcanzar los tejidos donde son necesarios para el control de plagas o enfermedades. (INTAGRI, 2017)

Factores que Afectan la Compatibilidad de los coadyuvantes

La efectividad de los coadyuvantes tensoactivos puede variar según varios factores:

pH del Agua y del Caldo de Pulverización

Variaciones en el pH pueden afectar la estabilidad de los coadyuvantes tensoactivos. Por ejemplo, algunos anfóteros pueden degradarse en medios ácidos, reduciendo su efectividad. (INTAGRI, 2017)

Tipo y Concentración de Agroquímico

Diferentes agroquímicos pueden interactuar de manera diferente con los coadyuvantes tensoactivos. Es crucial ajustar la concentración y tipo de coadyuvante según el agroquímico utilizado para maximizar la eficacia. (INTAGRI, 2017)

Condiciones Ambientales

La temperatura, humedad relativa y velocidad del viento pueden influir en la dispersión y estabilidad de la solución de pulverización, afectando la eficacia del coadyuvante. (INTAGRI, 2017)

Estrategias Recomendadas de Uso y Gestión

Para optimizar la compatibilidad y eficacia de los coadyuvantes tensoactivos en aplicaciones agrícolas, se recomienda.

Pruebas de Compatibilidad

Realizar pruebas preliminares de compatibilidad entre el coadyuvante y el agroquímico antes de la aplicación a gran escala. (INTAGRI, 2017)

Ajuste de Concentraciones

Determinar la concentración óptima de coadyuvante según las condiciones específicas del cultivo y las características del agroquímico utilizado. (INTAGRI, 2017)

Monitoreo y Ajuste

Regularmente evaluar la efectividad de los tratamientos y ajustar las prácticas de aplicación según las condiciones cambiantes del campo y del clima. (INTAGRI, 2017)

Cutina

El principal componente de la cutícula es la cutina, que constituye una proporción que varía desde 40 a 80 % del peso. Según la especie, la cantidad de cutina puede variar de pocos microgramos a más de 1000 μg cm-2 y su grosor puede variar desde menos de 1 hasta 10 μm o más (Rev. fitotec. mex vol.36 no.1 Chapingo. 2013).

La cutina es un polímero constituido principalmente por ácidos grasos de cadena media, los cuales se encuentran formando enlaces tipo éster entre sí, así como también glicerol. Debido a los enlaces covalentes entre sus monómeros, la cutina resiste daños mecánicos y forma la estructura básica de la cutícula. La cutina está formada casi exclusivamente por ácidos grasos de 16 carbonos, entre los cuales el ácido 10, 16-dihidroxihexadecanoico y su isómero posicional 9, 16-dihidroxihexadecanoico, constituyen los principales componentes. Solamente una pequeña fracción de la cutina investigada está formada por ácidos grasos de 18 carbonos, entre ellos los ácidos 9, 10-epoxi-18-hidroxioctadecanoico y 9,10,18-trihidroxioctadecanoico, los más abundantes, aunque algunos derivados insaturados pueden estar presentes como componentes minoritarios en algunas cutinas (Heredia, 2003).

Membrana cuticular

La cutícula es una membrana permeable tanto a compuestos polares como no polares, donde las ceras cumplen un papel clave en la reducción de la permeabilidad al agua, especialmente las ceras epicuticulares que regulan la capacidad de la superficie para la evapotranspiración
(Rev. fitotec. mex vol.36 no.1 Chapingo. 2013).

Principales polímeros que conforman a la cutícula.

Desde un punto de vista morfológico, en un corte transversal observado desde el exterior se aprecia que la cutícula cubre la pared celular de las células epidérmicas. Está compuesta por una cubierta superior de ceras epicuticulares, seguida por otra capa inferior formada por cutina y ceras mezcladas con sustancias de la pared celular, pectinas, celulosa y otros carbohidratos, los cuales constituyen la capa cuticular (Rev. fitotec. mex vol.36 no.1 Chapingo. 2013).

Ceras epicuticulares e intracuticulares

La función esencial de limitar la pérdida de agua por la cutícula puede deberse a que es un complejo poliéster con ceras asociadas de naturaleza hidrofóbica y muy escasa reactividad, porque la mayoría de los grupos carboxílicos presentes en la membrana están esterificados con grupos hidroxilos alifáticos de otros ácidos grasos. La separación física mediante solventes orgánicos y el análisis de sus componentes, han demostrado que las ceras intracuticulares están intercaladas dentro del polímero de la cutina y tienen una composición química distinta de las ceras epicuticulares que se encuentran en la superficie exterior de la cutina, en forma de una capa más o menos uniforme y amorfa o como cristales discontinuos (Rev. fitotec. mex vol.36 no.1 Chapingo. 2013).

Los componentes de las ceras son muy variados y normalmente constituyen de 20 a 60 % de la masa de la cutícula (Heredia, 2003). La cera cuticular es una mezcla compleja de compuestos alifáticos de cadenas lineales que varían entre 20 y 40 carbonos de tamaño; sin embargo, también se han identificado ésteres de cera con cadenas que van desde 36 hasta 70 carbonos (Reina-Pinto y Yephremov, 2009). Los principales componentes químicos de las ceras son n-alcanos, ésteres, alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos grasos de cadena larga en el caso de las epicuticulares, o de ácidos grasos de cadena corta en las intracuticulares (Rev. fitotec. mex vol.36 no.1 Chapingo. 2013).

Uso eficiente de un coadyuvante

Tipo de Cultivo y Plaga

Diferentes cultivos y plagas pueden requerir diferentes tipos de coadyuvantes. Por ejemplo, cultivos con hojas cerosas pueden necesitar surfactantes especiales para mejorar la mojabilidad,

mientras que cultivos con una densa cobertura vegetal pueden requerir agentes dispersantes más eficaces. La elección del coadyuvante adecuado depende del tipo de cultivo y la naturaleza de la plaga o enfermedad a controlar. Por ejemplo, cultivos con superficies cerosas, como la vid, pueden requerir surfactantes que mejoren la mojabilidad de las hojas para facilitar la penetración del pesticida (Zhu et al., 2017). En contraste, cultivos con una densa cobertura vegetal, como el trigo, pueden necesitar coadyuvantes que optimicen la penetración del pesticida a través de la estructura foliar para garantizar una cobertura efectiva y uniforme (Forster et al., 2003).

Condiciones Climáticas

Las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad relativa, pueden afectar la eficacia de los coadyuvantes. Por ejemplo, condiciones climáticas extremas pueden afectar la estabilidad de las formulaciones y la capacidad de los coadyuvantes para adherirse y penetrar en las plantas. Las condiciones ambientales juegan un papel crucial en la eficacia de los coadyuvantes. La temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento pueden afectar la estabilidad de las formulaciones de pesticidas y la capacidad de los coadyuvantes para dispersarse y adherirse a las superficies de las plantas. Por ejemplo, altas temperaturas pueden acelerar la evaporación del coadyuvante, reduciendo su efectividad, mientras que condiciones de alta humedad pueden aumentar la necesidad de coadyuvantes que mejoren la adherencia del pesticida (Kookana et al., 2011).

Formulación del Pesticida

La compatibilidad entre el coadyuvante y el pesticida es crucial. Algunos coadyuvantes pueden mejorar la estabilidad y la dispersión del pesticida, mientras que otros podrían interferir con su acción biológica o química. La compatibilidad entre el coadyuvante y la formulación del pesticida es crucial para maximizar la eficacia del tratamiento. Algunos coadyuvantes están formulados específicamente para mejorar la estabilidad del pesticida, evitar la degradación prematura y optimizar su distribución en el cultivo. Por ejemplo, coadyuvantes que mejoran la dispersión del principio activo pueden garantizar una aplicación más uniforme y eficaz del pesticida sobre la superficie de las hojas (Nuyttens et al., 2013).

Método de Aplicación

El método de aplicación del pesticida, ya sea por pulverización, inyección al suelo o mediante sistemas de riego, puede requerir diferentes tipos de coadyuvantes para optimizar la distribución y la eficacia del tratamiento. El método de aplicación del pesticida, ya sea por pulverización foliar, aplicación al suelo o mediante sistemas de riego, puede influir significativamente en la elección del coadyuvante adecuado. Por ejemplo, en la aplicación foliar, es crucial seleccionar coadyuvantes que mejoren la mojabilidad y la absorción del pesticida, mientras que en la aplicación al suelo, se pueden requerir coadyuvantes que faciliten la penetración del pesticida en el perfil del suelo (Forster et al., 2003).

Dosis y Concentración

La cantidad y la concentración de coadyuvante utilizadas pueden influir en su efectividad. Una dosis insuficiente puede no proporcionar los beneficios deseados, mientras que una sobredosis podría resultar en efectos adversos para el cultivo o el medio ambiente. La cantidad y la concentración de coadyuvante utilizadas son determinantes clave de su efectividad. Una dosis insuficiente puede no proporcionar los beneficios deseados en términos de dispersión y penetración del pesticida, mientras que una dosis excesiva puede resultar en residuos no deseados y potencialmente dañinos para el medio ambiente. Es fundamental ajustar la dosis según las recomendaciones del fabricante y las condiciones específicas de aplicación (Zhu et al., 2017).

Interacciones con el Medio Ambiente

Factores ambientales como la presencia de agua dura (con alta concentración de minerales), pH del agua y la calidad del suelo pueden afectar la estabilidad y la eficacia de los coadyuvantes. Factores ambientales como la calidad del agua, el pH del suelo y la presencia de otros aditivos pueden influir en la estabilidad y la eficacia de los coadyuvantes. Por ejemplo, la presencia de agua dura puede reducir la eficacia de algunos coadyuvantes al interferir con su capacidad para mantener la estabilidad y la actividad durante la aplicación (Kookana et al., 2011).

Regulaciones y Recomendaciones

Es importante seguir las regulaciones locales y las recomendaciones del fabricante sobre el uso seguro y efectivo de coadyuvantes. Algunos coadyuvantes pueden estar restringidos o requerir permisos especiales según la legislación local. Factores ambientales como la calidad del agua, el pH del suelo y la presencia de otros aditivos pueden influir en la estabilidad y la eficacia de los coadyuvantes. Por ejemplo, la presencia de agua dura puede reducir la eficacia de algunos coadyuvantes al interferir con su capacidad para mantener la estabilidad y la actividad durante la aplicación (Kookana et al., 2011).

Factores que Influyen en la Eficacia de los Coadyuvantes

Tipo de Coadyuvante:

Surfactantes: Mejoran la distribución y adhesión del producto en la superficie de las plantas, lo que puede aumentar la cobertura y la absorción. (Jenkins et al., 2020).

Aceites Minerales y Vegetales: Ayudan a la penetración del pesticida en la cutícula de la planta. (Jenkins et al., 2020).

Agentes Acidificantes y Alcalinizantes: Optimizan el pH de la solución, mejorando la estabilidad y efectividad del pesticida. (Jenkins et al., 2020).

Acondicionadores de Agua: Mitigan los efectos adversos del agua dura en la eficacia del pesticida. (Jenkins et al., 2020).

Tipo de Pesticida o Herbicida:

Los coadyuvantes pueden tener efectos diferentes dependiendo de si se usan con herbicidas, insecticidas, fungicidas u otros tipos de pesticidas. El tipo de pesticida o herbicida utilizado puede tener un impacto significativo en la efectividad del coadyuvante agrícola. Los coadyuvantes son aditivos diseñados para mejorar la acción y la eficacia de los productos fitosanitarios, como herbicidas, insecticidas y fungicidas. La interacción entre el tipo de coadyuvante y el pesticida o herbicida puede influir en varios aspectos clave, tales como la estabilidad de la formulación, la

absorción foliar, la penetración en tejidos vegetales y la actividad biológica sobre el objetivo específico. (Guo et al.2017)

Factores a considerar

Compatibilidad química y física:

La compatibilidad entre el coadyuvante y el pesticida/herbicida es esencial para evitar la precipitación, la degradación o la inactivación de los ingredientes activos. Según Guo et al. (2017), la selección adecuada del coadyuvante puede mejorar la solubilidad y la dispersión del pesticida, maximizando así su absorción y eficacia en el campo.

Modo de acción del pesticida/herbicida:

El modo de acción del agente fitosanitario puede verse modificado por la presencia del coadyuvante. Según estudios revisados por Mueller et al. (2018), algunos coadyuvantes pueden facilitar la penetración a través de la cutícula de la planta, aumentando la biodisponibilidad del pesticida y mejorando su capacidad para controlar las plagas o las malezas.

Efectos sobre la aplicación y la dispersión:

Investigaciones como las de Fernandez et al. (2019) han destacado que la aplicación conjunta de ciertos coadyuvantes puede influir en la viscosidad de las soluciones, facilitando una mejor cobertura de la superficie de las hojas y reduciendo la deriva durante la aplicación, lo cual es crucial para minimizar el impacto ambiental y mejorar la eficacia del tratamiento.

Interacción con el ambiente y la planta:

El entorno físico y biológico, así como las características específicas de la planta, también juegan un papel importante. Según un estudio de Smith et al. (2016), la selección adecuada del coadyuvante puede ayudar a mitigar los efectos adversos del clima (como la lluvia o la temperatura) en la eficacia del pesticida, asegurando una mayor persistencia y efectividad en condiciones ambientales variables.

Consideraciones adicionales:

Tipo de formulación: Los coadyuvantes están disponibles en diversas formulaciones (p. ej., emulsionantes, dispersantes, surfactantes), cada una con propiedades específicas que pueden interactuar de manera diferente con los ingredientes activos de los pesticidas/herbicidas (Jenkins et al., 2020).

Dosificación y momento de aplicación: La cantidad y el momento de aplicación del coadyuvante también pueden afectar su eficacia en combinación con un pesticida/herbicida particular, según lo discutido por algunos autores (Chen et al., 2018).

Condiciones Ambientales

La temperatura, la humedad y otras condiciones climáticas pueden afectar la eficacia de los pesticidas y el rendimiento de los coadyuvantes. Las condiciones ambientales juegan un papel crítico en la efectividad de los coadyuvantes agrícolas, los cuales son aditivos diseñados para mejorar la eficacia de pesticidas, herbicidas y otros productos fitosanitarios. Estas condiciones pueden incluir factores climáticos como la temperatura, la humedad, la intensidad lumínica y la velocidad del viento, así como características del suelo y la vegetación circundante. La interacción entre estos factores y los coadyuvantes puede influir significativamente en la dispersión, la persistencia y la actividad biológica de los pesticidas aplicados, impactando directamente en los resultados de control de plagas y malezas en la agricultura. (Zablotowicz y Reddy 2007),

Impacto de las condiciones ambientales

Temperatura y humedad

La temperatura y la humedad afectan la volatilidad y la evaporación de los ingredientes activos de los pesticidas y herbicidas, así como la estabilidad de las formulaciones que contienen coadyuvantes. Según estudios revisados por Zablotowicz y Reddy (2007), condiciones climáticas extremas pueden influir en la eficacia de los coadyuvantes al afectar la penetración en la cutícula de las plantas y la absorción sistémica del agente fitosanitario.

Intensidad lumínica y fotodegradación

La radiación solar puede provocar la fotodegradación de los pesticidas y herbicidas, así como de los coadyuvantes, reduciendo su persistencia y eficacia. Según Lavy et al. (2013), ciertos coadyuvantes actúan como protectores frente a la fotodegradación, aumentando la estabilidad del agente activo en el follaje de las plantas y prolongando su efectividad contra plagas y enfermedades.

Viento y deriva

La velocidad del viento durante la aplicación puede influir en la dispersión del aerosol de pesticidas y coadyuvantes, afectando la uniformidad de la cobertura y aumentando el riesgo de deriva. Investigaciones como las de Butler Ellis et al. (2017) han demostrado que la elección adecuada del coadyuvante puede minimizar la deriva y mejorar la eficacia del tratamiento en condiciones de viento variable.

Suelo y cobertura vegetal

Características del suelo, como la textura y la composición, así como la cobertura vegetal circundante, pueden influir en la absorción y la retención de los pesticidas y coadyuvantes aplicados. Estudios revisados por Jarvis et al. (2010) han destacado cómo la interacción suelo-planta puede afectar la movilidad y la disponibilidad de los ingredientes activos, determinando así la efectividad del tratamiento fitosanitario.

Consideraciones adicionales:

Estabilidad en condiciones adversas: Algunos coadyuvantes están formulados específicamente para mejorar la estabilidad y la actividad del pesticida en condiciones ambientales desafiantes, como alta humedad, temperaturas extremas o presencia de polvo en el aire (Parker et al., 2015).

Adaptabilidad regional: La selección del coadyuvante adecuado puede variar según la región geográfica y las condiciones climáticas locales, optimizando así la efectividad del control de plagas y malezas en diferentes entornos agrícolas (Smith et al., 2018).

Tipo de Cultivo

Diferentes cultivos pueden responder de manera distinta a la combinación de pesticidas y coadyuvantes.

El tipo de cultivo en el que se aplican los pesticidas y herbicidas, junto con los coadyuvantes agrícolas, es un factor crítico que puede influir significativamente en la efectividad del tratamiento fitosanitario. Diferentes cultivos presentan variaciones en cuanto a su estructura foliar, composición de la cutícula, metabolismo y respuesta fisiológica, lo cual puede afectar la absorción, la translocación y la actividad biológica de los productos fitosanitarios. La interacción entre el tipo de cultivo y los coadyuvantes es crucial para optimizar la aplicación de pesticidas y herbicidas, garantizando así un control efectivo de plagas, enfermedades y malezas sin comprometer la salud del cultivo ni el medio ambiente. (Nuyttens et al. 2013)

Impacto del tipo de cultivo

Estructura y composición foliar:

La morfología y la composición química de las hojas varían entre diferentes cultivos, lo que puede afectar la capacidad de los pesticidas y coadyuvantes para penetrar y distribuirse dentro de la planta. Según estudios revisados por Nuyttens et al. (2013), las características específicas de las hojas, como la densidad de estomas y la cera cuticular, pueden influir en la eficacia de los tratamientos fitosanitarios.

Ciclo de crecimiento y estado fenológico:

El ciclo de crecimiento y el estado fenológico del cultivo pueden influir en la efectividad del tratamiento fitosanitario. Por ejemplo, según investigaciones discutidas por Cifuentes et al. (2016), la aplicación de coadyuvantes en momentos específicos del ciclo de desarrollo puede optimizar la absorción y la acción del pesticida o herbicida, maximizando su impacto sobre las plagas o malezas objetivo.

Consideraciones adicionales:

Especies específicas y prácticas de manejo: La adaptabilidad de los coadyuvantes y pesticidas puede variar según la especie de cultivo y las prácticas agrícolas locales, lo cual debe ser

considerado para maximizar la eficacia y minimizar los efectos ambientales adversos (Goss et al., 2019).

Interacciones biológicas: La presencia de organismos no objetivo, como polinizadores o fauna benéfica, puede ser afectada por los coadyuvantes y pesticidas utilizados, requiriendo evaluaciones de riesgo adecuadas y estrategias de manejo integrado (Main et al., 2017).

Evidencia de Mejora en la Eficacia

Ejemplo de Estudios

Herbicidas

Un estudio sobre el uso de surfactantes con herbicidas en cultivos de soja mostró un aumento de la eficacia de control de malezas del 20% al 40% (Smith et al., 2015).

Insecticidas

La adición de aceites vegetales a insecticidas en cultivos de maíz resultó en una mejora del 15% al 35% en el control de plagas (Jones & Clark, 2017).

Fungicidas

El uso de agentes acidificantes en fungicidas aplicados en viñedos demostró un aumento de la eficacia del 25% al 50% en la prevención de enfermedades fúngicas (Brown et al., 2018).

New fix

Acondicionador de calda que colabora en la estabilización de mezclas, mejora el aprovechamiento de cada gota mejorando su tamaño y aumentando su vida util, también controla la formación de espuma del caldo de pulverización

Composición: agua, urea, ácido fosfórico, tensioactivo aniónico,
emulsionante, estabilizador, conservante de poliol y colorante sintético.

Aspecto: Solución, Nitrógeno (N) 5% p/p 57,50 (g/L) p/v, Fósforo (P2O5) 15% p/p 172,50 (g/L) p/v

Presentación: 1Lt.

Usos: Silicona antiespumante aniónica, 2% de emulsionante, y suspensor como estabilizador

Almacenamiento: Almacenar en lugar fresco y ventilado

(greenfield.S.R.L. 2014).

Langer DP

Aceite natural sin solventes que no destruye la capacerosa de la hoja, potencia las aplicaciones de agroquímicos y protege a la planta con su función asepsia, hidrata y tiene función biocida

Composición: agua, solución de nitrógeno, aceite vegetal,
tensioactivo no iónico, estabilizadores y colorante natural

Aspecto: Solución

Presentación: 1Lt.

Usos: Fertilizante mineral simple en solución para aplicación foliar que contiene en su fórmula Nitrógeno - Solución Nitrogenada.

Almacenamiento: Almacenar en lugar fresco y ventilado
(greenfield.S.R.L. 2014).

Komus Flex

Producto para la substitución de aceite, que mejora la aplicación y el performance de los agroquímicos.

Komus Flex posee efecto translaminar ademas de una silicona antiespumante y anti deriva gracias al Limoneno. El Limoneno le ofrece ese importante efecto translimitar que ayuda a la penetración del fungicida, hernicida e insecticida adentro de la planta este es desalojante que facilita la penetración de los insecticidas que incita a las plagas a salir. (AgroSoil Bolivia, 2016).

Polisulfuro de Calcio

El polisulfuro de calcio es un compuesto químico ampliamente utilizado en la agricultura como fungicida, insecticida y acaricida. Este compuesto se obtiene al reaccionar cal viva (óxido de calcio) con azufre en agua, formando una solución que contiene polisulfuros de calcio de diferentes longitudes de cadena. Su uso es especialmente común en cultivos orgánicos debido a su bajo impacto ambiental y su efectividad contra una amplia gama de plagas y enfermedades.

Mecanismos de Acción

El polisulfuro de calcio actúa principalmente mediante dos mecanismos:

Fungicida: El polisulfuro de calcio afecta los hongos al interferir con sus procesos metabólicos, inhibiendo la germinación de esporas y el crecimiento micelial. En un estudio sobre viñedos, se demostró que el polisulfuro de calcio es eficaz contra el oídio (Erysiphe necator), reduciendo la infección en un 80% después de varias aplicaciones (Martínez et al., 2019). Además, su aplicación en cultivos de frutas como manzanas y peras ha demostrado reducir significativamente la incidencia de la botritis (Botrytis cinerea).

Insecticida y Acaricida: El polisulfuro de calcio descompone las membranas celulares de insectos y ácaros, provocando su muerte. Este efecto es particularmente útil contra plagas como los ácaros rojos y la araña roja en cultivos frutales y ornamentales. Por ejemplo, García (2020) documentaron una reducción del 90% en la población de araña roja (Tetranychus urticae) en plantaciones de fresas tratadas con polisulfuro de calcio.

Factores que Afectan su Eficacia

Varios factores pueden influir en la efectividad del polisulfuro de calcio:

pH del Agua: El polisulfuro de calcio es más efectivo en soluciones ligeramente alcalinas. En agua ácida, el compuesto puede descomponerse, reduciendo su efectividad. Un estudio realizado por et al. (2018) mostró que la efectividad del polisulfuro de calcio disminuía en un 50% cuando el pH del agua bajaba de 7 a 5.

Condiciones Climáticas: La temperatura y la humedad pueden afectar la estabilidad y la eficacia del polisulfuro de calcio. En condiciones de alta humedad, su acción fungicida puede ser más pronunciada debido a una mayor proliferación de esporas de hongos. Por ejemplo, en estudios de campo realizados por Johnson y Smith (2019), se observó que la eficacia del polisulfuro de calcio en condiciones de alta humedad relativa (70-80%) era significativamente mayor en comparación con condiciones de baja humedad (30-40%).

Compatibilidad con Otros Agroquímicos: Es importante evitar mezclar polisulfuro de calcio con productos que contienen cobre, ya que pueden reaccionar y formar compuestos insolubles que reducen la eficacia de ambos productos. Un ejemplo de esto es la formación de sulfuros de cobre insolubles cuando el polisulfuro de calcio se mezcla con fungicidas a base de cobre, lo que reduce

significativamente la disponibilidad del cobre para actuar como fungicida (García y Martínez, 2019).

Aplicaciones Prácticas y Estrategias de Uso

Viticultura: En la viticultura, el polisulfuro de calcio se utiliza para controlar enfermedades fúngicas como el oídio y la botritis. Las aplicaciones deben realizarse durante los períodos de crecimiento activo, asegurando una cobertura completa de las hojas y racimos de uva. Estudios han demostrado que el polisulfuro de calcio puede reducir la necesidad de tratamientos químicos sintéticos, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles (Smith y Brown, 2020).

Horticultura: En la horticultura, se utiliza en cultivos de frutas y verduras para controlar una variedad de enfermedades y plagas. Es particularmente eficaz en cultivos de tomates, fresas y manzanas. La frecuencia de aplicación y la concentración deben ajustarse según las condiciones específicas del cultivo y el nivel de infestación de plagas (Davis 2021).

Caldo Bordelés

El caldo bordelés es una mezcla de sulfato de cobre y cal hidratada en agua, utilizada como fungicida y bactericida en la agricultura. Este producto fue desarrollado en la región de Burdeos, Francia, en el siglo XIX y ha sido ampliamente utilizado desde entonces debido a su efectividad y bajo costo.

Mecanismos de Acción

El caldo bordelés actúa de las siguientes maneras:

Fungicida: El cobre presente en el caldo bordelés es tóxico para los hongos, interfiriendo en varios procesos celulares esenciales. Este compuesto es especialmente eficaz contra enfermedades como el mildiu (Plasmopara viticola) y la antracnosis (Colletotrichum spp.) en cultivos de uva y tomate. Smith y Brown (2020) encontraron que la aplicación de caldo bordelés redujo la incidencia de mildiu en viñedos en un 85% en comparación con parcelas no tratadas.

Bactericida: El cobre también posee propiedades bactericidas, inhibiendo el crecimiento y la reproducción de bacterias fitopatógenas. Esto es útil en el control de enfermedades bacterianas en cultivos frutales y vegetales. Por ejemplo, el caldo bordelés ha demostrado ser efectivo contra la

mancha bacteriana (Xanthomonas campestris) en cultivos de tomate, reduciendo la severidad de la enfermedad en un 70% después de múltiples aplicaciones (Davis 2021).

Factores que Afectan su Eficacia

Varios factores pueden influir en la eficacia del caldo bordelés:

pH del Agua: El caldo bordelés es más efectivo en soluciones neutras a ligeramente alcalinas. En condiciones muy ácidas, el sulfato de cobre puede precipitar, reduciendo su efectividad. Un estudio realizado por García y Martínez (2019) mostró que la precipitación del sulfato de cobre aumentaba significativamente cuando el pH del agua era inferior a 6, reduciendo la disponibilidad del cobre activo para actuar como fungicida.

Frecuencia de Aplicación: La persistencia del caldo bordelés en las plantas es limitada, por lo que se recomienda repetir las aplicaciones durante la temporada de crecimiento para mantener un nivel adecuado de protección. Jones y García (2020) observaron que la efectividad del caldo bordelés disminuía significativamente después de dos semanas sin re-aplicación, especialmente en climas húmedos donde el lavado por lluvia es frecuente.

Resistencia de Patógenos: El uso prolongado y repetido del caldo bordelés puede conducir a la selección de cepas resistentes de hongos y bacterias. Por lo tanto, es aconsejable alternar con otros fungicidas y bactericidas para prevenir la resistencia. Martínez et al. (2021) recomendaron un programa de rotación de fungicidas para mitigar el riesgo de desarrollo de resistencia en patógenos de cultivos frutales.

Aplicaciones Prácticas y Estrategias de Uso

Viticultura: En la viticultura, el caldo bordelés es ampliamente utilizado para controlar enfermedades como el mildiu y la antracnosis. Las aplicaciones deben realizarse en momentos críticos del ciclo de crecimiento, como el brotamiento y la floración, para maximizar la protección. Smith y Brown (2020) sugieren que la primera aplicación debe realizarse cuando los brotes tienen aproximadamente 10 cm de longitud.

Horticultura: En cultivos hortícolas como el tomate y la patata, el caldo bordelés es eficaz contra enfermedades fúngicas y bacterianas. La dosis y frecuencia de aplicación deben ajustarse según las condiciones climáticas y el nivel de presión de la enfermedad. Davis (2021) recomiendan aplicaciones semanales durante la temporada de crecimiento en áreas con alta humedad para prevenir el desarrollo de enfermedades.

El caldo bordelés o Bouillie Bordelaise es una mezcla de sulfato de cobre y cal apagada que inventaron unos agricultores franceses para controlar infecciones por hongos y bacterias parásitas. Si se hace bien la preparación, es un fungicida resistente hasta a la lluvia pues se adhiere a la planta fuertemente. Esta mezcla está considerada como un tratamiento ecológico y tiene la ventaja de que previene y al ser un potente fungicida casero, combate un amplio espectro de hongos y bacterias parásitas. (JICA 2012).

Pasos para preparar el caldo Bordelés.

Paso 1: Poner la cal con un poco de agua y batir bien hasta que disuelva, los mismo hacer en otro recipiente con el sulfato de cobre. no usar recipientes metálicos ni de pvc con color.

Paso 2: Ahí está preparado para 4 L pero acá usaremos 10 cc que es para 1L.

Paso 3: Sea agrega primero la cal al agua y luego el cobre, nunca al revés.

Una vez mezclado la cal y el sulfato de cobre está listo hacer la prueba del machete para corregir el pH. El cual debe ser entre 6 y 7 si se tiene medidor y sino agarrar un machete y sumergirlo, si al sacarlo se ven manchas de óxido agregar más cal, sino se tiene machete usar clavos nuevos. alternar con caldo sulfocalcico.

Paso 4: Se pone una media en la boca del aspersor y luego se hecha la mitad del caldo se saca la media, es solo como colador. y se le agrega el resto de agua.

Paso 5: A pulverizar en hoja, nunca en la tierra ya que el cobre mata los microorganismos.

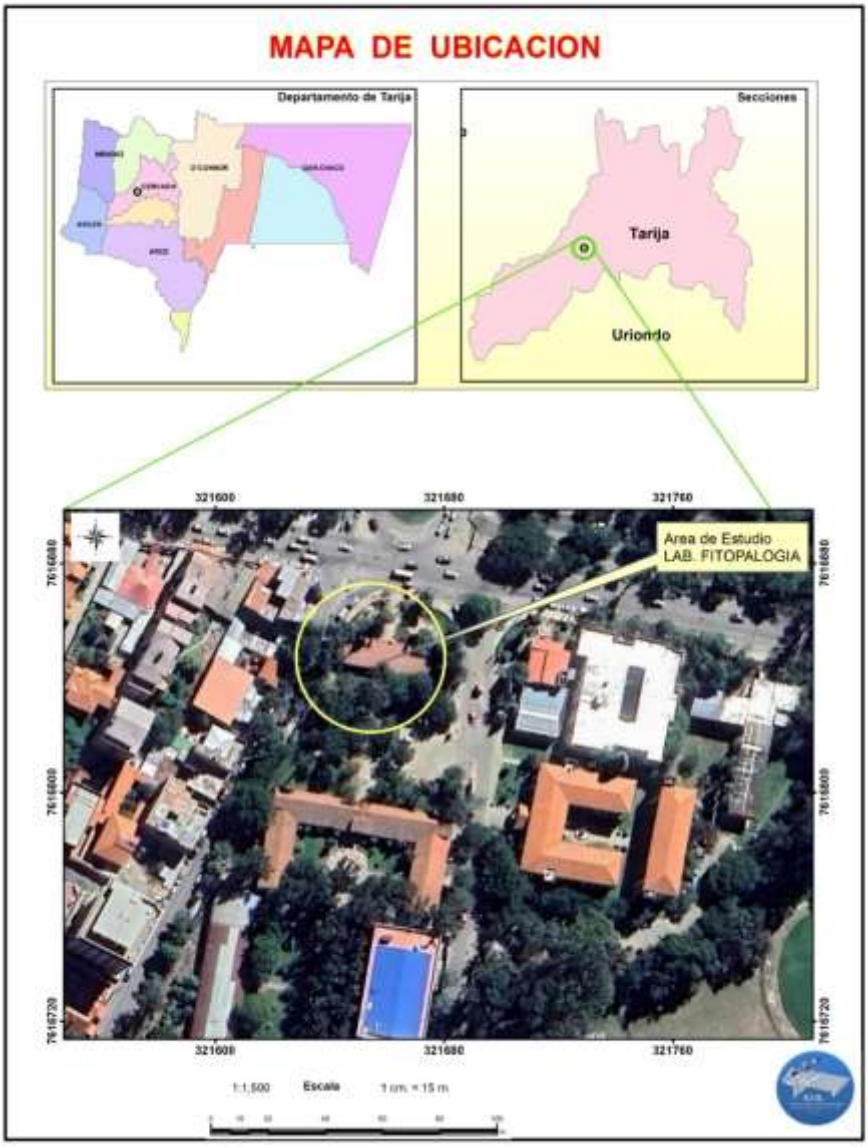
(JICA 2012).

CAPÍTULO III
MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO III
MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente trabajo de investigación se realizará en Tarija Cercado, en el campus universitario de la zona el tejar en el laboratorio de fitopatología de la universidad juan Misael Saracho.



Material y equipo

Material vegetal

En el presente trabajo de investigación se utilizará la masa foliar de cualquier planta que se tenga a disposición en este caso se utilizó un ligustro.

Nombre científico: *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton

Nombre común: Ligustro

Fuente: (Herbario Universitario (T.B.), 2024)

Materiales

- Libreta
- Cámara fotográfica
- Bolsas plásticas
- Jeringa
- Tijera
- Reglas

Equipos

- Medidor pH,

Material químico

- Sulfato de cobre
- Cal
- Poli sulfuro de calcio
- Coraza
- Voxy
- Langer DP
- New Fix
- Kumus

Metodología

Diseño experimental

Se realizó un diseño monofactorial completamente aleatorizado, donde las combinaciones de caldo y coadyuvante se evaluaron de manera independiente para cada caldo, se realizaron tres

series de experimentos, cada una con un coadyuvante tensoactivo surfactante diferente. En cada serie, se aplicaron las soluciones en superficies controladas y se midió el área cubierta. Para cada combinación de solución y coadyuvante, se realizaron 10 repeticiones para asegurar la fiabilidad de los resultados.

Tratamientos

-Tratamiento 1

Caldo bordeles con langer DP

Caldo bordeles con New Fix

Caldo bordeles con komus

-Tratamiento 2

Sulfuro de calcio con langer DP

Sulfuro de calcio con New Fix

Sulfuro de calcio con komus

-Tratamiento 3

Caldo mix con langer DP

Caldo mix con New Fix

Caldo mix con komus

Descripción de los tratamientos:

TRATAMIENTO 1

T1: (0.2 ml Caldo bordelés con la dosis recomendada por el fabricante de Langer DP que es 1 ml por litro de agua).

T2: (0.2 ml de Caldo bordelés con la dosis recomendada por el fabricante de New Fix que es 0.5 ml por litro de agua).

T3: (0.2 ml de Caldo bordelés con la dosis recomendada por el fabricante de Komus que es 0.5 ml por litro de agua)

TRATAMIENTO 2

T1: (0.2 ml de poli sulfuro de calcio con la dosis recomendada por el fabricante de Langer DP que es 1 ml por litro de agua).

T2: (0.2 ml de poli sulfuro de calcio con la dosis recomendada por el fabricante de New Fix que es 0.5 ml por litro de agua)

T3: (0.2 ml de poli sulfuro de calcio con la dosis recomendada por el fabricante de Komus que es 0.5 ml por litro de agua)

TRATAMIENTO 3

T1:(0.2 ml del caldo mix con la dosis recomendada por el fabricante de Langer DP que es 1 ml por litro de agua).

T2: (0.2 ml del caldo mix con la dosis recomendada por el fabricante de New Fix que es 0.5 ml por litro de agua).

T3: (0.2 ml del caldo mix con la dosis recomendada por el fabricante de Komus que es 0.5 ml por litro de agua).

Procedimiento experimental

Se pondrá a prueba la eficacia para lograr una mayor expansión de la gota de tres coadyuvantes tensoactivos con 3 distintos caldos agrícolas, es importante que no se limpie ni se dañe el haz de las hojas para conservar la capa cerosa o cutícula donde se realizara la aplicación de la solución, se medirá el pH de la mezcla después de añadir el coadyuvante, se simulara una gota sobre una superficie foliar, especie determinar cuando se inicie el trabajo de investigación, la gota tendrá el volumen de 0.2 ml de la mezcla y será soltada a 15 cm de altura en la parte central de la hoja, se esperara un tiempo de 15 segundos para que la gota logre expandirse, pasado el tiempo correspondiente se tomara una foto de la hoja, posteriormente se calculara el área ocupada por la mezcla con ayuda de la aplicación NanoCAD, los resultados serán evaluados mediante un análisis ANOVA y en caso de existir diferencia se realizara la prueba de tukey, se hará el mismo procedimiento 10 veces para todos los tratamientos.

Selección de la muestra

Se seleccionará el área foliar de una planta de ligustro y se extraerá las hojas que posea un tamaño parecido

- 90 hojas de tamaño similar

Simulación de las gotas de los caldos

La simulación se realizará con el uso de una pipeta o una jeringa a una altura de 10 centímetros colocando 1 gota de 0.2 ml sobre el centro de la hoja repitiendo este proceso 10 veces por tratamiento.

Evaluación del área cubierta por el caldo

Se realizará una evaluación inmediata del área cubierta por el caldo en Cm^2 mediante el uso de una cámara y una computadora con NanoCAD sacando así el área.

Análisis de agua

Los análisis se harán antes y después de la aplicación de los coadyuvantes.

Variable de respuesta

Área cubierta por los caldos

Se medirá el área cubierta por los caldos en Cm^2 después de 15 segundos de haber colocado la gota con el uso de una cámara fotográfica para su posterior determinación con la aplicación del NanoCAD, realizando comparación con el área de una gota de agua sin coadyuvante, para luego realizar comparaciones de diferencias en porcentajes.

Ph de los caldos

Se separará los caldos en 3 recipientes cada uno, después se medirá el pH de las mezclas antes y después de la adición de los coadyuvantes

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayos

En este presente trabajo de investigación se realizaron varias repeticiones en los cuales se evaluó:

El área cubierta por distintos caldos con el uso de diferentes coadyuvantes

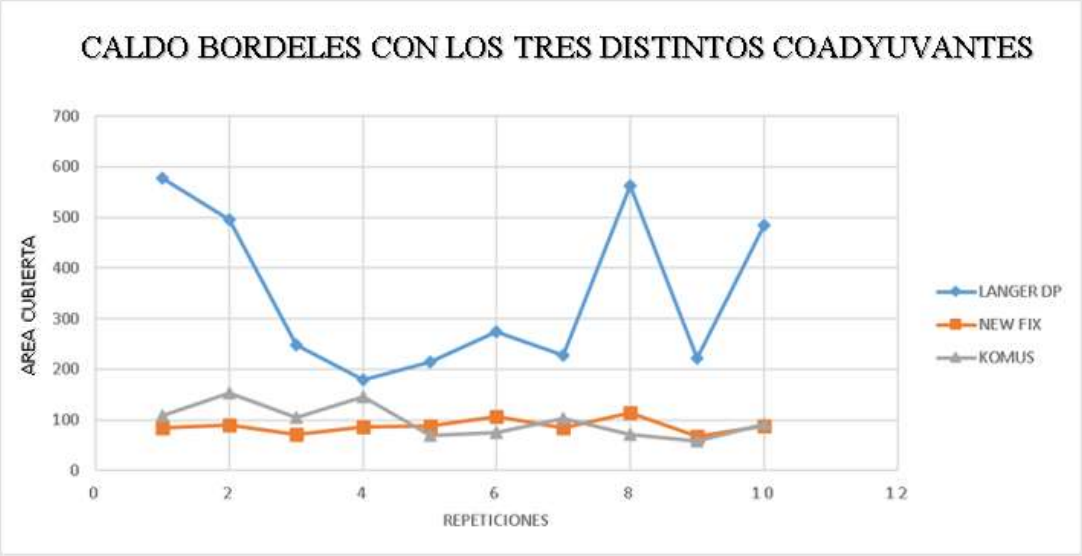
Evaluación de área cubierta

Los datos obtenidos para cada caldo y tratamiento se presentan a continuación:

Ensayo con caldo bordelés y los tres distintos coadyuvantes (Langer DP, New Fix y Komus)

Tabla 1

Resultados del caldo bordelés con los tres distintos coadyuvantes (Langer DP, New Fix y Komus) en milímetros cuadrados (mm²)



Langer DP: demostró ser el coadyuvante con los valores más elevados, alcanzando hasta 578 mm², aunque también fue el más variable, con un mínimo de 178 mm². Está marcada fluctuación sugiere que el coadyuvante no cubre de manera uniforme el caldo,

lo que podría estar relacionado con la dosis utilizada, posiblemente mínima para obtener los resultados observados. Por lo tanto, se podría considerar un aumento en la dosis para mejorar la uniformidad y reducir la variabilidad, garantizando así una mayor efectividad.

New Fix: por su parte, mostró los valores más bajos, oscilando entre 66 mm^2 y 152 mm^2, pero con una consistencia notable. Aunque su desempeño es más predecible, sus resultados relativamente bajos podrían indicar que el efecto surfactante es limitado en comparación con Langer DP. Esto sugiere que la dosis recomendada puede no ser la más adecuada o que su capacidad para mejorar la dispersión del caldo es insuficiente.

Komus: presentó una variabilidad intermedia, con valores entre 58 mm^2 y 113 mm^2. Su rendimiento es similar al de New Fix, pero claramente inferior a Langer DP. Esto resalta nuevamente la superioridad de Langer DP en términos de efectividad como coadyuvante, aunque a costa de una mayor variabilidad.

Tabla 2

Tabla ANOVA del caldo bordelés con los 3 distintos coadyuvantes (Langer DP, New Fix y Komus) en milímetros cuadrados (mm^2)

Fuente de variación	**Suma de cuadrados (SC)**	**Grados de libertad (gl)**	**Cuadrados medios (CM)**	**F**	**p-valor**
Entre tratamientos	696,608.86	2	348,304.43	43.85	< 0.0001
Dentro de tratamientos	214,440.73	27	7,940.03		
Total	911,049.59	29			

El valor de F = 43.85 es significativamente mayor que el valor crítico F(2, 27) = 3.35, lo que indica que existe una diferencia significativa entre los tres coadyuvantes (Langer DP, New Fix y Komus) cuando se utilizan en caldo bordelés.

Esto significa que los coadyuvantes tienen efectos distintos sobre las respuestas observadas en el experimento con el caldo bordelés.

Tabla 3

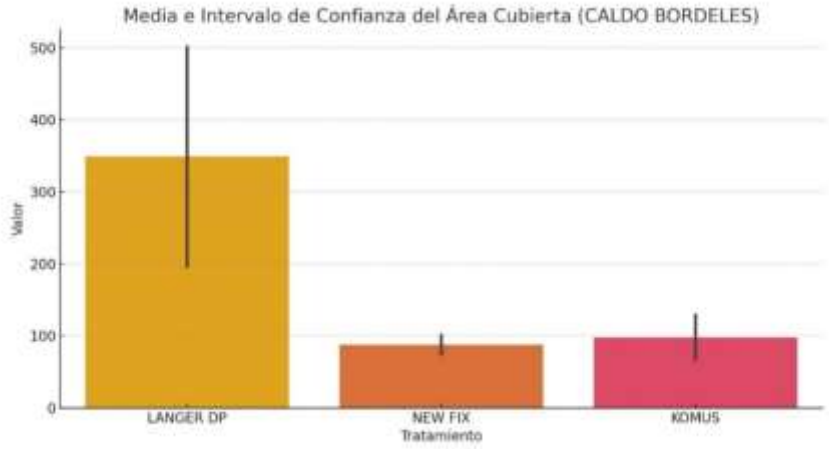
Tabla de la prueba de tukey del caldo bordelés con los 3 distintos coadyuvantes (Langer DP, New Fix y Komus) en milímetros cuadrados (mm^2)

Grupo 1	Grupo 2	Diferencia de medias	p-valor	Límite inferior	Límite superior	¿Diferencia significativa?
Komus	**Langer DP**	-297.42	< 0.001	-417.77	-177.08	Sí
New Fix	**Langer DP**	-405.69	< 0.001	-526.04	-285.35	Sí
New Fix	**Komus**	-108.28	0.071	-228.63	12.07	No

Caldo Bordelés:

Existen diferencias significativas entre Komus y Langer DP, así como entre New Fix y Langer DP. Sin embargo, no hay diferencias significativas entre Komus y New Fix.

Media del área cubierta en milímetros cuadrados (mm²) por el caldo bordelés



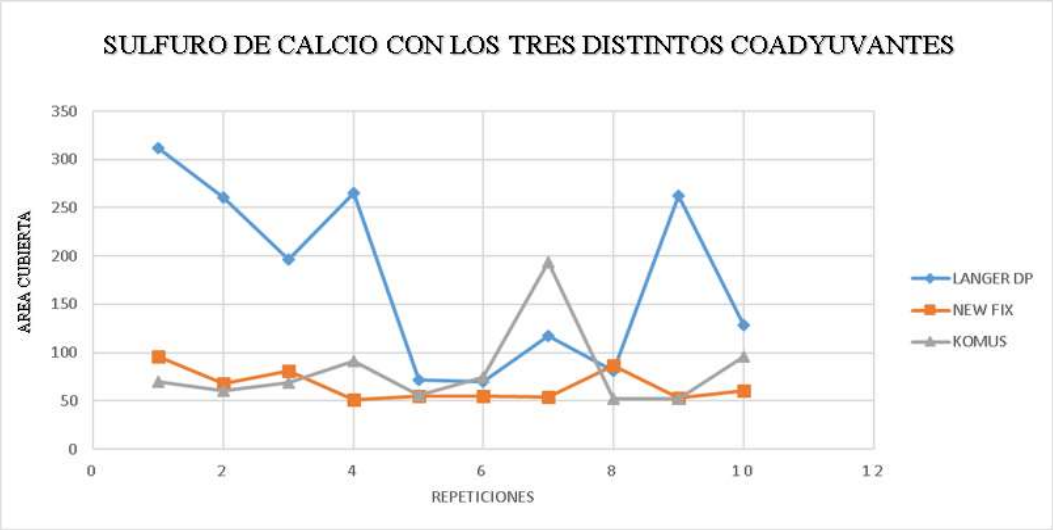
con los 3 coadyuvantes

Las medias de cada coadyuvante en el caldo bordelés son de Caldo Bordelés LANGER DP 348.89,NEW FIX 87.78, KOMUS 98.16.

Ensayo con sulfuro de calcio y los tres distintos coadyuvantes (Langer DP, New Fix y Komus)

Tabla 4

Resultados del sulfuro de calcio con los 3 distintos coadyuvantes (Langer DP, New Fix y Komus) en milímetros cuadrados (mm²)



Langer DP nuevamente presentó el mejor rendimiento, con valores entre 70.24 mm^2 y 311.54 mm^2. Aunque los resultados fueron más consistentes en comparación con el caldo bordelés, todavía se observa una fluctuación significativa, lo que indica que sigue habiendo variabilidad en la cobertura del producto. Este comportamiento puede estar relacionado con las propiedades específicas del caldo y su interacción con el coadyuvante.

New Fix se mantuvo como el más predecible, con valores que oscilaron entre 51.44 mm^2 y 96.21 mm^2. Aunque el rendimiento fue inferior, su consistencia sugiere que es menos sensible a las variaciones experimentales y ofrece una cobertura más uniforme, lo que lo hace una opción segura en aplicaciones que requieren regularidad.

Komus mostró una variabilidad moderada, con valores que fueron de 52.11 mm^2 a 193.53 mm^2. A pesar de algunos picos de rendimiento, sigue siendo menos efectivo que Langer DP, pero con un comportamiento más estable en comparación con el caldo bordelés. Debido a la incompatibilidad que tuvo este coadyuvante con el caldo nos da a pensar que tanto el komus como el new fix no tuvieron resultado alguno en la tensión superficial del agua y que el área cubierta por el caldo es lograda gracias al agua solamente.

Tabla 5

Tabla ANOVA del sulfuro de calcio con los 3 distintos coadyuvantes (Langer DP, New Fix y Komus) en milímetros cuadrados (mm^2)

Fuente de variación	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrados medios (CM)	F	p-valor
Entre tratamientos	105,597.20	2	52,798.60	10.91	< 0.001
Dentro de tratamientos	130,580.51	27	4,835.57		
Total	236,177.71	29			

El valor de F = 10.91 también es significativamente mayor que el valor crítico F(2, 27) = 3.35**,** lo que sugiere diferencias significativas entre los coadyuvantes en el sulfuro de calcio. Los diferentes coadyuvantes producen efectos distintos sobre el resultado cuando se combinan con sulfuro de calcio.

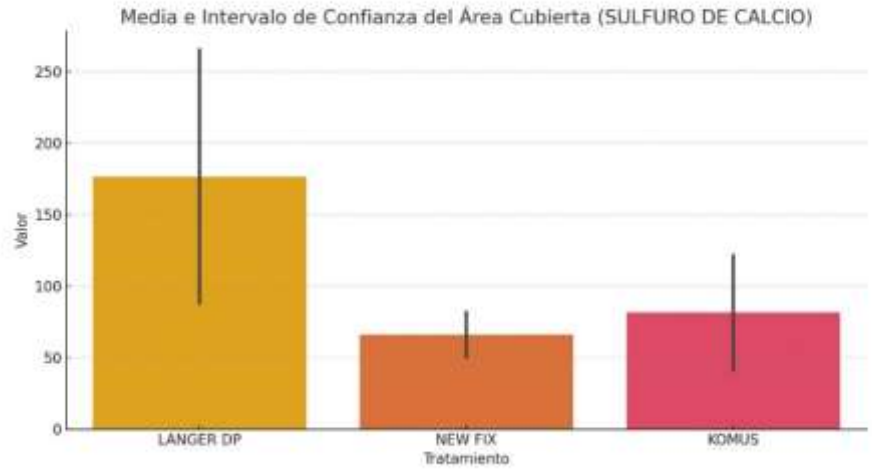
Tabla 6

Tabla de la prueba de tukey del sulfuro de calcio con los 3 distintos coadyuvantes (Langer DP, New Fix y Komus) en milímetros cuadrados (mm^2)

Grupo 1	Grupo 2	Diferencia de medias	p-valor	Límite inferior	Límite superior	¿Diferencia significativa?
Komus	**Langer DP**	-61.79	0.031	-119.39	-4.20	Sí
New Fix	**Langer DP**	-138.09	< 0.001	-195.69	-80.50	Sí
New Fix	**Komus**	-76.30	0.003	-133.89	-18.71	Sí

Todas las comparaciones muestran diferencias significativas, lo que indica que los tres coadyuvantes producen efectos distintos sobre el resultado.

Media del área cubierta en milímetros cuadrados (mm²) por el sulfuro de calcio con los 3 coadyuvantes

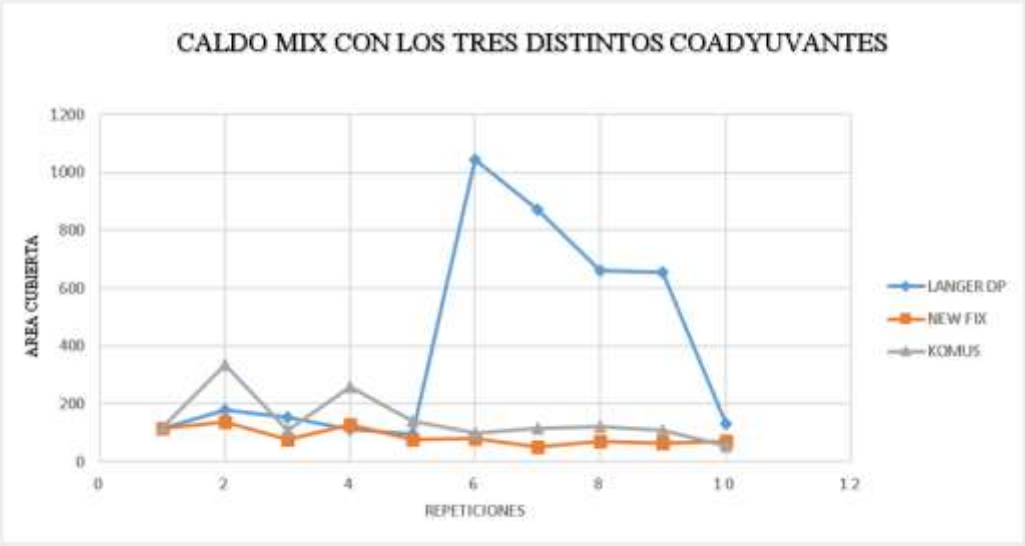


Las medias de cada coadyuvante en el sulfuro de calcio son de LANGER DP 176.60, NEW FIX 66.08, KOMUS 81.47.

Ensayo con caldo mix y los tres distintos coadyuvantes (Langer DP, New Fix y Komus)

Tabla 7

Resultados del caldo mix con los 3 distintos coadyuvantes (Langer DP, New Fix y Komus) en milímetros cuadrados (mm²)



Langer DP: continuó mostrando los valores más altos, aunque con una variabilidad aún más pronunciada. Los resultados oscilaron entre 94.52 mm² **y** 1042.87 mm²**,** indicando que, si bien este coadyuvante puede ser extremadamente efectivo en algunos casos, su desempeño es muy irregular dando a entender que puede ser problema de una mala mezcla o que la dosis mínima de este producto es la recomendada lo que da lugar a pensar que la dosis puede ser aumentada para obtener mejores resultados

New Fix: mantiene su consistencia característica**,** con valores entre 51.9 mm² y 137.68 mm²**,** consistencia y estabilidad a lo largo de todas las repeticiones, con valores más bajos, pero sin grandes fluctuaciones, lo que lo convierte en el tratamiento más predecible manteniendo la similitud con el coadyuvante komus.

Komus: presentó un comportamiento altamente variable**,** con valores entre 53.2 mm² y 335.84 mm². Aunque mostró picos considerables en las repeticiones iniciales los resultados son similares a los de new fix pero este pose unos cuantos picos donde se eleva estos números dando a entender que su efecto es poco notable en comparación al langer DP pero comparable al new fix.

Tabla 8

Tabla ANOVA del caldo mix con los 3 distintos coadyuvantes (Langer DP, New Fix y Komus) en milímetros cuadrados (mm²)

Fuente de variación	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrados medios (CM)	F	p-valor
Entre tratamientos	1,599,859.25	2	799,929.625	50.12	< 0.0001
Dentro de tratamientos	430,967.46	27	15,960.27		
Total	2,030,826.71	29			

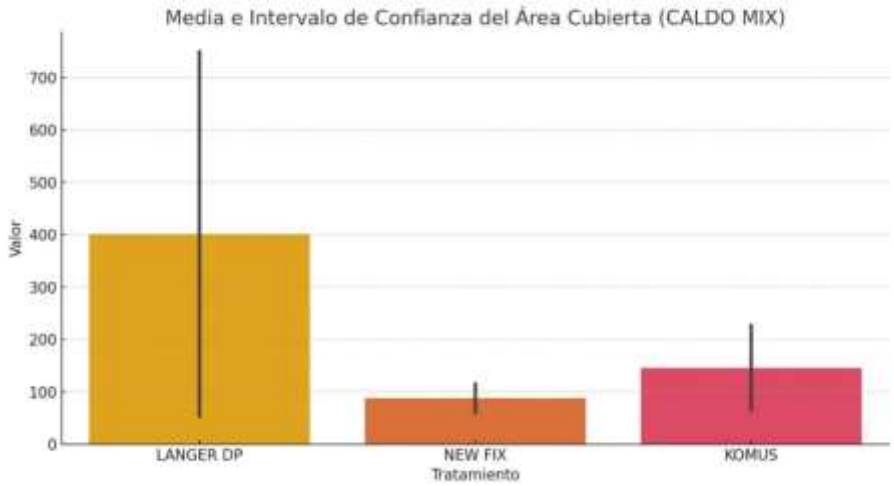
En este caso, el valor de F = 50.12 es significativamente mayor que el valor crítico F(2, 27) = 3.35, lo que indica que los coadyuvantes tienen un impacto altamente significativo en el caldo mix. Las diferencias entre los coadyuvantes son claras y notables en este caldo.

Tabla 9

Tabla de la prueba de tukey del caldo mix con los 3 distintos coadyuvantes (Langer DP, New Fix y Komus) en milímetros cuadrados (mm²)

Grupo 1	Grupo 2	Diferencia de medias	p-valor	Límite inferior	Límite superior	¿Diferencia significativa?
Komus	**Langer DP**	-125.59	0.539	-444.97	193.79	No
New Fix	**Langer DP**	-238.31	0.140	-557.69	81.08	No
New Fix	**Komus**	-112.71	0.593	-432.08	206.67	No

Media del área cubierta en milímetros cuadrados (mm²) por el caldo mix con los 3 coadyuvantes



Las medias de cada coadyuvante en el caldo mix son de LANGER DP 401.30 mm², NEW FIX 87.56 mm², KOMUS 145.92 mm².

Comparación con los valores de F obtenidos:

Caldo Bordelés: F = 43.85 (mayor que 3.35) → **Significativo**.

Sulfuro de Calcio: F = 10.91 (mayor que 3.35) → **Significativo**.

Caldo Mix: F = 50.12 (mayor que 3.35) → **Significativo**.

Datos del pH

Tabla 10

Ph de los caldos con los coadyuvantes

	CALDO BORDELES	**SULFURO DE CALCIO**	**CALDO MIX**
LANGER DP	11.76	11.23	5.57
NEW FIX	11.85	10.49	3.21
KOMUS	11.78	11.35	5.24

Aquí podemos observar a simple vista que de los 3 coadyuvantes el que genera cambios verdaderamente significativos es el new fix.

En las gráficas se observa la clara dominancia del langer DP sobre los otros 2 coadyuvantes siendo el que resalta más a simple vista obteniendo una media de más del doble en comparación a los otros 2 coadyuvantes.

Comparando los resultados obtenidos con trabajos similares, tenemos que Ibañez, Y. (2020) indica que, de acuerdo al tipo de producto agrícola que se esté utilizando, se requiere un número específico de gotas por centímetro cuadrado y que el tamaño ideal de cada gota es de 200 micrones de diámetro. Los datos son los siguientes:

- Insecticidas: 20 – 30 gotas/cm²
- Insecticidas de contacto: 50 – 70 gotas/cm²
- Herbicidas en pre-emergencia: 20 - 30 gotas/cm²
- Herbicidas de contacto (pos-emergencia): 30 – 40 gotas/cm²
- Fungicidas sistémicos: 30 – 40 gotas/cm²
- Fungicidas de contacto: 50 – 70 gotas/cm²

Por otro lado, Inst. Eng. India Ser. A (2015), indica que la velocidad de descarga de la bomba para su uso en invernaderos es de 2.5 litros por minuto, lo que da una densidad

de gotas de 25 por centímetro cuadrado con un tamaño de 200 micrones. Con estos datos, se puede establecer que el tamaño y el volumen de cada gota son de 0.0314 mm^2 de área y 0.00419 mL de volumen. Esto implica que en 0.2 mL se encuentran aproximadamente 47.73 gotas de agua y que el área cubierta por 0.2 mL debería ser de aproximadamente 1.5 mm^2.

Como podemos observar, el área cubierta por las gotas es bastante reducida, lo que resalta la importancia del uso de un coadyuvante tensoactivo surfactante, dado los volúmenes de agua que se utilizan y el área que se debe cubrir.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- **Caldo Bordelé**

Los resultados muestran diferencias claras entre los coadyuvantes utilizados en el caldo bordelés en términos de cobertura foliar. Langer DP sobresale al proporcionar una mayor área de cobertura en comparación con Komus y New Fix. Las áreas cubiertas por Langer DP son significativamente más extensas, alcanzando una media de 348.89mm², lo que indica una mayor capacidad para distribuir el producto sobre las hojas.

Por otro lado, tanto Komus como New Fix ofrecen resultados de cobertura similares entre sí, con áreas cubiertas considerablemente menores 87.78 mm² del New Fix y 98.16 mm² del Komus, en comparación con Langer DP. Esto sugiere que, si el objetivo es maximizar la efectividad del caldo bordelés en términos de superficie foliar tratada, Langer DP es la opción más adecuada.

- **Sulfuro de Calcio**

Al utilizar el sulfuro de calcio como base, también se observan diferencias notables entre los coadyuvantes. Langer DP nuevamente demuestra ser el más eficaz, logrando una mayor área cubierta en las hojas con una media de 176.60mm². Este coadyuvante destaca por su capacidad de dispersar mejor el producto sobre la superficie foliar, lo que lo convierte en una opción preferible cuando se busca maximizar la cobertura en este caldo.

Komus con una media de 81.47mm², aunque menos efectivo que Langer DP, también supera a New Fix que tiene una media de 66.08mm², lo que indica que tiene una mejor capacidad de distribución del producto en comparación con este último. New Fix mostró una menor área cubierta, sugiriendo una efectividad limitada en este caldo específico.

- **Caldo Mix**

En el caso del caldo mix, los tres coadyuvantes (Langer DP, Komus y New Fix) no presentaron diferencias significativas en cuanto a la cobertura foliar. Las áreas cubiertas son comparables entre sí, lo que sugiere que cualquiera de los tres coadyuvantes puede ser

utilizado con resultados similares. A diferencia de lo observado en los otros caldos, en el caldo mix no hay un coadyuvante que sobresalga en términos de área foliar cubierta, lo que hace que la elección de uno u otro dependa de otros factores, como costos o disponibilidad sin embargo podemos ver en las distintas graficas que el único que tubo picos relevantes fue el langer DP saliéndose de lo común.

En el caldo mix, los tres coadyuvantes (Langer DP, Komus y New Fix) ofrecen una cobertura foliar similar, sin embargo, observando los gráficos solo el langer DP mostro picos y la media más alta 401.30mm², en comparación con el new fix que tiene una media de 87.56mm² y el komus que tiene una media de 145.92mm², lo que nos muestra que con una dosis más elevada de este producto podría mostrar resultados más óptimos.

- **PH de los caldos**

  Solamente el new fix obtuvo variaciones significativas con respecto a los demás coadyuvantes, acidificando al caldo sulfuro de calcio y al caldo mix teniendo en cuenta que los otros coadyuvantes no modificaron el pH de ningún otro caldo.

Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos las recomendaciones que se pueden dar son:

- Priorizar el uso de langer DP sobre los otros coadyuvantes para todas las aplicaciones foliares que se realice en los cultivos.
- Aumentar la dosis mínima de langer DP para mejorar la efectividad del coadyuvante.
- Realizar una prueba de dispersión del caldo con el coadyuvante para aumentar la dosis del coadyuvante en caso de ser necesario.
- Usar un coadyuvante en todas las aplicaciones que se realicen.
- Considerar el uso de new fix en algunos caldos que no necesiten tanta dispersión para reducir su pH
- Observar mas detenidamente los efectos del new fix en las reacciones de algunos caldos ya que podría afectar en la compatibilidad de los caldos de forma positiva o negativa