

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**DEPÓSITO Y DERIVA GENERADA POR TRES TIPOS DE
BOQUILLAS EN DOS ESTADOS FENOLÓGICOS EN EL
CULTIVO DE PAPA**

Presentado por:
Hugo Jesús Casso Ramírez

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
Ingeniero Agrónomo**

**Lima - Perú
2015**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**“DEPÓSITO Y DERIVA GENERADA POR TRES TIPOS DE
BOQUILLAS EN DOS ESTADOS FENOLÓGICOS EN EL CULTIVO
DE PAPA”**

Presentado por:

HUGO JESÚS CASSO RAMÍREZ

Tesis para optar el título de

INGENIERO AGRONOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. Mg. Sc. Jorge Castillo Valiente
PRESIDENTE

Dr. Javier Vásquez Castro
PATROCINADOR

Ing. Mg. Sc. Rolando Egúsquiza Bayona
MIEMBRO

Dr. Alexander Rodríguez Berrio
MIEMBRO

Lima - Perú

2015

DEDICATORIA

A Dios porque sin él no sería nadie, él es mi fuerza, mi amigo, mi protector,
Gracias DIOS por todo esto.

A mi padre que siempre ha estado dándome fuerzas, presionándome cuando era
necesario, corrigiendo mis errores, esta tesis es de los dos viejo.

A mi madre que siempre creyó en mí y que me apoyo en todo para que siguiera en esto
y no me diera por vencido.

A mis hermanas y sobrinos, los amo mucho esto es para ustedes por su
confianza.

A mi enamorada Carla Atoche que cuando supo que estaba realizando esta investigación
no paro de apoyarme y siempre estuve ahí para cualquier cosa.

A mis amigos que han sido y siguen siendo parte importante de mi vida profesional y
personal.

AGRADECIMIENTO

- A mi patrocinador, el Dr. Javier Vásquez quien desde el inicio estuvo apoyándome en todo incluso en la parte experimental, nunca olvidare todo esto, gracias Dr.
- Al Ing. Mg. Sc. Braulio La Torre jefe en su momento del laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas de la Facultad de Agronomía de la UNALM, por su apoyo en la cuantificación de todos mi datos.
- Al Ing. Emerson Castro Medina, jefe del fundo Don German donde se realizó esta investigación, por las facilidades brindadas en el desarrollo de la parte experimental.
- Al personal del laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas por su apoyo en toda esta fase de cuantificación de datos.
- A Elisabet Aguirre Pajuelo, por su apoyo en el inicio de esta investigación.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de las pulverizaciones según su tamaño de gota.....	14
Tabla 2: Tratamientos: Tipos de boquillas y estado fenológico del cultivo. Fundo Don German. Cañete, Lima – Perú 2012.....	20
Tabla 3: Marcha, Velocidad del tractor, Volumen de aplicación para cada modelo de boquilla en cada estado fenológico.....	23
Tabla 4: Análisis de variancia de la endoderiva generada en una aplicación agrícola en el cultivo de papa. Cañete – Perú. 2012.....	31
Tabla 5: Prueba de Tukey para la endoderiva (factor estado fenológico).....	31
Tabla 6: Prueba de Tukey para la endoderiva (factor boquilla).....	32
Tabla 7: Análisis de variancia del depósito de cobre en el cultivo de papa. Cañete – Perú. 2012.....	34
Tabla 8: Prueba de Tukey para el depósito de cobre en planta (factor estado fenológico).....	34
Tabla 9: Prueba de Tukey para el depósito de cobre en planta (factor boquilla).....	35
Tabla 10: Resultados de cobre en ppm de la endoderiva y depósito en la planta en todos los tratamientos.....	37

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Procesos que intervienen en la transferencia y deposición de los plaguicidas.....	10
Figura 2: Patrón de abanico plano.....	13
Figura 3: Patrón de cono hueco.....	13
Figura 4: Patrón de cono lleno.....	13
Figura 5: Fenología de la papa.....	16
Figura 6: Esquema del desplazamiento del conjunto tractor – pulverizador.....	19
Figura 7: Tractor-pulverizador en proceso de aplicación del 2 ^{do} estado fenológico. Fundo Don German. Cañete - Perú.....	19
Figura 8: Tractor-pulverizador en proceso de aplicación utilizando la boquilla AxiTwin (doble chorro).....	21
Figura 9: Distribución de tratamientos en el área experimental. Cañete – Perú. 2012.....	22
Figura 10: Esquema de la distribución de la barra pulverizadora en campo.....	23
Figura 11: Esquema de selección de las 10 plantas de papa en las parcelas de experimentación para el estudio de deposición. Cañete, Lima – Perú.....	24
Figura 12: Distribución de las placas Petri en campo.....	25
Figura 13: Placa Petri con cartón colocado en campo para la recolección de Cobre...25	25
Figura 14: Recolección de hojas del cultivo de papa.....	26
Figura 15: Recolección de la muestra del caldo de plaguicidas.....	27
Figura 16: Medición de la altura de barra en los tratamientos del segundo estado fenológico.....	33
Figura 17: Cantidad de Cobre depositado en las placas Petri como simulación para hallar la endoderiva en todos los tratamientos, en el cultivo de papa. Cañete – Perú.2012.....	33
Figura 18: Cantidad de Cobre depositado en las plantas del cultivo de papa, en todos los tratamientos. Cañete – Perú. 2012.....	36
Figura 19: Endoderiva y depósito de Cobre en todos los tratamientos en el cultivo de papa. Cañete – Perú. 2012.....	36

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Temperaturas del ambiente, humedad relativa y velocidad del viento tomadas en cada tratamiento. Fundo Don German ubicado en la localidad de Cuiva. Julio-Agosto 2012. Cañete –Perú.....	45
Anexo 2: Temperatura y humedad relativa de Cañete (Fdo. Don German) correspondiente al 2012.....	46
Anexo 3: Datos de la calibración de las boquillas con el pulverizador.....	47
Anexo 4: Cálculo de volumen de aplicación.....	50
Anexo 5: Registro de la cantidad de Cobre de las muestras obtenidas en el laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Plantas de la Universidad Nacional Agraria la Molina.....	51
Anexo 6: Descripción de las características del tractor.....	52
Anexo 7: Características del pulverizador montado, marca SERMI.....	53
Anexo 8: Calculo del área foliar.....	54

INDICE

RESUMEN.....	8
I. Introducción.....	9
1.1 Objetivo Principal.....	10
1.2 Objetivos Específicos	11
II. Revisión DE LiteraTURA	11
III. MATERIALES Y METODOS	22
3.1 MATERIALES.....	23
3.1.1 Ubicación del área experimental	23
3.1.2 Material Vegetal	¡Error! Marcador no definido.
3.1.3 Materiales de Campo:	23
3.1.4 Materiales de Laboratorio	24
3.1.5 Materiales de Oficina.....	247
3.1.6 Equipos de Campo.....	25
3.1.7 Equipos de Laboratorio.....	25
3.2 METODOS Y PROCEDIMIENTOS	25
3.2.1 Fase de campo.	25
3.2.2 Fase de laboratorio.....	347
3.2.3 Evaluación experimental.....	369
3.2.4 Diseño experimental	369
3.2.5 Modelo estadístico.....	30
IV. Resultados y Discusiones.....	31
4.1 Endoderiva: Análisis de Variancia	31
4.2 Depósito de cobre (Cu) en planta: Análisis de Variancia	414
V. Conclusiones:.....	458
VI. Recomendaciones:.....	469
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
VIII. ANEXO	514

RESUMEN

La finalidad del uso de plaguicidas en los cultivos es el control de las plagas y para cumplir con este fin se necesita una adecuada calibración de los equipos de aplicación. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de una pulverización, determinando la endoderiva y el depósito en las hojas que generan tres modelos de boquillas (utilizando Cobre como trazador) empleados en dos estados fenológicos del cultivo de papa (*solanum tuberosum*).

El equipo de pulverización fue calibrado para cada modelo de boquilla a los volúmenes de aplicación de 300 y 600 L.ha⁻¹ para el primer (47 días) y segundo estado fenológico (92 días) respectivamente. Las boquillas de la marca Magno son las que se usan regularmente en el fundo donde se realizó el experimento por lo que fueron consideradas como testigo. Los otros dos modelos de boquillas estudiados fueron JA-2 y Axitwin de la marca Jacto.

Los resultados demuestran que independientemente de las boquillas se obtuvo 88% más Cobre depositado en las hojas en el segundo estado fenológico con respecto al primero; así mismo, hubo 50% más área foliar en el segundo estado fenológico. Se observó que a pesar de usar la misma dosis por hectárea en los dos estados fenológicos, el depósito en la planta fue mayor cuando las hojas cubrieron más área del terreno.

En lo que respecta a la endoderiva, no hubo diferencia significativa entre los estados fenológicos del cultivo de papa y el modelo de boquilla AxiTwin resultó mejor estadísticamente que la boquilla JA2 (produjo menor endoderiva), pero fue similar que la boquilla Mag2 y a su vez esta boquilla resultó similar a la boquilla JA2.

1 INTRODUCCIÓN

En el Perú, la papa es el principal cultivo del País en superficie sembrada, tal es así que cuenta con 248,172 Has y un rendimiento promedio de 16.18 toneladas/Ha (Minag, 2014); es cultivada en toda la Sierra desde Piura por el Norte hasta el altiplano de Puno y la sierra de Tacna por el sur, en la Costa principalmente entre los departamentos de Lima e Ica; además es la base de la alimentación en la Zona Andina, siendo cultivado por 600 mil pequeñas Unidades Agrarias que usan plaguicidas de forma frecuente para el control de las plagas y enfermedades de esta planta.

Los plaguicidas presentan riesgos de diversa índole en sus diferentes fases como producción, formulación, transporte, almacenamiento y aplicación. Pero al momento de la aplicación se cree que estos riesgos son más diversos y difíciles de controlar. El uso de plaguicidas crea una serie de problemas para el medio ambiente, en donde se estima que más del 90% de los plaguicidas aplicados llegan a un destino muy diferente al buscado; como por ejemplo el aire, el agua, el suelo y otras especies vegetales y animales.

Durante una aplicación, cuando el plaguicida sale del equipo pulverizador y queda expuesto al viento, la temperatura y la humedad relativa, pueden generar deriva y evaporación. La deriva ocurre cuando las gotas suspendidas en el aire son llevadas por el viento a otras áreas o se mantienen en el mismo terreno pero no alcanzan el objetivo que es la planta y se pierden en el suelo. Los plaguicidas son una de las causas principales de la contaminación del agua de los suelos, de la atmósfera y además es perjudicial para la salud del hombre.

La deriva de plaguicidas generada por el mal manejo de los diferentes métodos de aplicación y, las dosis recomendadas en las etiquetas de los productos que en la mayoría de los casos no toman en cuenta el área foliar de la planta, orientándose más a la unidad de área del terreno (1 ha); son los problemas más importantes que se presentan desde tiempos atrás hasta la actualidad, en los diferentes cultivos de exportación y de consumo interno; esto debido en gran medida a la falta de conocimiento e información de los productores agrícolas de nuestro País.

Por lo tanto, es de suma importancia conocer cuál es la verdadera pérdida generada por la deriva, para que en un futuro próximo, se puedan plantear soluciones a los problemas

antes mencionados. La determinación de la endoderiva y el depósito en la planta, generada en una aplicación con una pulverizadora, tres diferentes tipos de boquillas (una de las cuales es usada en el fundo por lo que se tomará como testigo) y con dos áreas foliares en el cultivo de papa, **serán los principales temas en los que se enfoca este trabajo de investigación.**

Algunos trabajos de investigación a nivel internacional en temas relacionados a la deriva de los plaguicidas, nos permiten tener ciertos alcances de los métodos de obtención de la endoderiva y del depósito en la planta. El uso del metal pesado Cobre (Cu) como trazador en las aplicaciones, es una de las formas más sencillas y económicas que se utilizan para estos tipos de trabajos. Se sabe además que el Cu es un elemento pesado no móvil, no volátil, que permanece en el suelo por mucho tiempo, características que hacen que este elemento sea el más adecuado para este tipo de ensayos, así como, por los bajos costos de los métodos analíticos para su detección y cuantificación.

1.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Evaluar el depósito en planta y la deriva de plaguicidas generada por tres modelos de boquillas de aplicación empleados en dos estados fenológicos del cultivo de papa.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la endoderiva generada por tres modelos de boquillas, a los 47 y 92 días después de la siembra en el cultivo de papa; utilizando el elemento Cu como trazador.
- Evaluar el depósito en la planta de la aplicación de plaguicidas generada por tres modelos de boquillas en el cultivo de papa, utilizando el elemento Cu como trazador.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

La papa es una planta oriunda de los Andes, la cual ha sido y sigue constituyendo un alimento esencial del Perú desde tiempos inmemoriales, siendo en la actualidad el cuarto cultivo alimenticio del mundo con más de 300 millones de toneladas anuales (Sánchez, 2003).

La Producción de la papa en el Perú se realiza en tres campañas: La campaña grande, la cual se realiza en los Andes por encima de los 2,000 metros sobre el Nivel del Mar (MSNM) y bajo secano, en otras palabras comienza con la llegada de las lluvias; la campaña chica, se desarrolla desde los 500 hasta los 2,000 MSNM en áreas con mayor humedad y acceso a la irrigación; por último la campaña de la Costa, se realiza desde el Nivel del Mar hasta los 500 MSNM, principalmente entre los Departamentos de Lima e Ica; siendo en los Andes el grueso de la producción con un 95% contra un escaso 5 % de la Costa. (Sánchez, 2003; Egúsqiza, 2000).

Actualmente, es el principal cultivo del País en superficie sembrada con un área de 248,172 Has. en la campaña 2013-2014, un rendimiento promedio de 16.18 toneladas/Ha. en el año 2013 y representa el siete por ciento del PBI agropecuario (Minag, 2014). Además el Perú, es el País que posee el mayor número de variedades de papa en todo el Mundo, con aproximadamente 3,000 variedades registradas en el Centro Internacional de la papa. Las variedades que más se siembran en la Costa son: Tomasa, Canchán, Perricholi y Revolución; En la Sierra se tiene: Canchán, Peruanita, Revolución, Tomasa, Perricholi, Yungay y otras variedades nativas (Sánchez, 2003).

La papa es muy importante para el hombre por su gran aporte nutricional, por lo que es un cultivo que va en aumento no solo en áreas sembradas, sino también en rendimiento, ya que en otras Latitudes se obtienen el doble o el triple de lo que en el Perú se produce, y esto principalmente se debe a que se crean nuevas formas de combatir a las plagas y enfermedades del cultivo, como son las variedades resistentes (Sánchez, 2003).

Las plantas utilizadas para la alimentación incluyendo la papa, son atacadas por unas 10,000 especies de insectos, 30,000 especies de malezas, 100,000 enfermedades (hongos, virus y otros microorganismos) y, 100 especies de nematodos (Hall, 1995), por lo que; sin el uso de plaguicidas como control químico, los cultivos serían duramente afectados y se vería una disminución en la producción Mundial de alimentos (Magdalena et al, 2010).

En el Perú, la principal forma de control de las plagas y enfermedades del cultivo de la papa sigue siendo el uso de los plaguicidas, aunque no necesariamente es la más eficiente, ya que una falla en su aplicación ocasionará deficiencias en su control y conllevaría además a realizar nuevas aplicaciones, gastando más dinero y contaminando el ambiente. Así mismo en la última década, se ha dado un énfasis importante en el manejo integrado de plagas, ya que integra el uso de plaguicidas, los métodos físicos, biológicos, legales, culturales y etológicos; siendo la mejor opción para el futuro, ya que favorece los rendimientos, minimiza los costos, reduce la contaminación ambiental y contribuye a la sustentabilidad de la agricultura (Magdalena et al, 2010).

Dentro de los factores más importantes que limitan la producción de la papa, las plagas y enfermedades son los principales, debido a su mayor incidencia entre las diferentes variedades que existen (incluyendo las nuevas), los sobrecostos de producción principalmente por el uso de plaguicidas, la resistencia de las plagas entre otros factores (Rázuri, 1987).

En el manejo de las plagas se debe tener en cuenta principalmente todo lo referente al cultivo y las características bio-ecológicas de las plagas; todo esto, conllevará a un control eficiente y eficaz, aunque la mayoría de veces no se toma en cuenta ó es lo mínimo, debido a la falta de conocimiento técnico y el control sólo se concentra en la aplicación de plaguicidas (Rázuri, 1987).

Las principales plagas del cultivo de la papa en el Perú son, el gorgojo de los Andes *Premnotrypes* spp. que atacan a la papa en la Sierra; la polilla de la papa donde se puede encontrar diferentes especies, siendo las más importantes: *Pthorimaea operculella* (Z) por su amplia distribución Mundial y, en el Perú se tiene principalmente a *Tuta absoluta* en la Costa y la *Symmetrischema plaesiosema* en la Sierra, la mosca minadora *Liriomyza huidobrensis*, la cual ataca con mayor importancia en la Costa Central, aunque también se le puede encontrar en la Sierra, y los pulgones *Myzus persicae* (S) y *Macrosiphum euphorbiae* (T), los cuales tienen gran importancia debido a que son vectores de diferentes virus y se les encuentra con mayor frecuencia en la Costa (Rázuri, 1987).

Con respecto a las enfermedades más importantes del Perú, se tiene el Tizón tardío *Phytophthora infestans*, la cual es la que ha causado la mayor devastación reportada en la historia del hombre (Abad and Abad, 1995), es considerada la más importante del

cultivo de la papa, debido a que si no se protegen los campos de manera adecuada, realizando aplicaciones planificadas de fungicidas, las pérdidas pueden ser totales en 10 ó 15 días (Torres, 2002).

Otras enfermedades de importancia significativa son: la pudrición rosada la cual es causada por *Phytophthora erythroseptica*, Rizoctoniasis que es causada por el hongo *Rhizoctonia solani*, Marchitez por *Verticillium* la cual se encuentra distribuida en el Perú en una diversidad de suelos y climas, que van desde el nivel del mar hasta los 4,000 m de altitud, la roña causada por *Spongospora subterranea*, el carbón causado por *Thecaphora solani*, la verruga producida por el hongo *Synchytriumendobioticum*, pudrición negra por *Rosellinia* la cual se encuentra en los campos de cultivos ubicados en los Andes, entre los 2,700m y 3,300m de altitud (Torres, 2002).

Los Plaguicidas, como ya se dijo son compuestos químicos que se utilizan en la protección de los cultivos y, que según su efectividad particular contra insectos, ácaros, nematodos, malezas y enfermedades fungosas reciben los nombres específicos de insecticidas, acaricidas, nematocidas, herbicidas y fungicidas, respectivamente (Cisneros, 1995).

El uso de los plaguicidas debe ser racional para lograr un control eficiente y disminuir la contaminación ambiental y esto solo será posible si se conocen bien sus características y propiedades. Entre las principales propiedades se tiene: estado físico, aspecto, color, olor, grado de pureza, presión de vapor, volatilidad, solubilidad, vida media en el suelo, hidrólisis, foto-descomposición entre otros (Cunha et al, 2010).

Un control de plagas eficiente depende de tres factores estrechamente vinculados los cuales son: momento adecuado desde el punto de vista biológico de la plaga, el producto adecuado para el control y tecnología de aplicación adecuada. Si hay algún desajuste, el control será deficiente (Magdalena et al, 2010).

Por otra parte las dosis que se mencionan en las etiquetas de la mayoría de los plaguicidas están especificadas en ml o Lt por Ha. Sin tomar en cuenta el estado de desarrollo del cultivo y el estado fenológico. El depósito y la uniformidad de las aplicaciones están directamente relacionadas con el nivel de desarrollo y la arquitectura de la planta, por lo que cuanto mayor sea el índice de área foliar menor será la cantidad de pérdida ó deriva (Villalba and Hetz, 2010).

Las etapas fenológicas de la papa (Sánchez, 2003) son:

Dormancia ó reposo: Es el periodo que transcurre entre la cosecha y la brotación, esto dura 2-3 meses.

Brotación: Ocurre cuando comienza a emerger las yemas de los tubérculos, ésta fase dura 2 a 3 meses, luego la papa debe sembrarse.

Emergencia: La emergencia de los brotes plantados en campo y en condiciones adecuadas de temperatura y humedad tarda de 10 a 12 días. Las temperaturas bajas del suelo y un nivel de humedad inadecuado, pueden extender la duración de este período.

Desarrollo de tallos: En esta etapa, hay crecimiento de follaje y raíces en forma simultánea durando entre 20 y 30 días. Los días largos y cálidos, junto con una alta fertilización nitrogenada, extienden este período de crecimiento.

Tuberización y floración: La floración es señal del inicio tuberización, ocurre a los 30 a 50 días después de la siembra y dura aproximadamente de 2 a 4 semanas. Una vez iniciada la tuberización, se restringe el crecimiento de raíces.

Desarrollo de los tubérculos: Los tubérculos alcanzan la madurez fisiológica a los 75 días para variedades precoces, 90 días para intermedio y 120 días variedades tardías, este lapso se extiende desde la tuberización hasta que cae el 50% de la cobertura foliar.

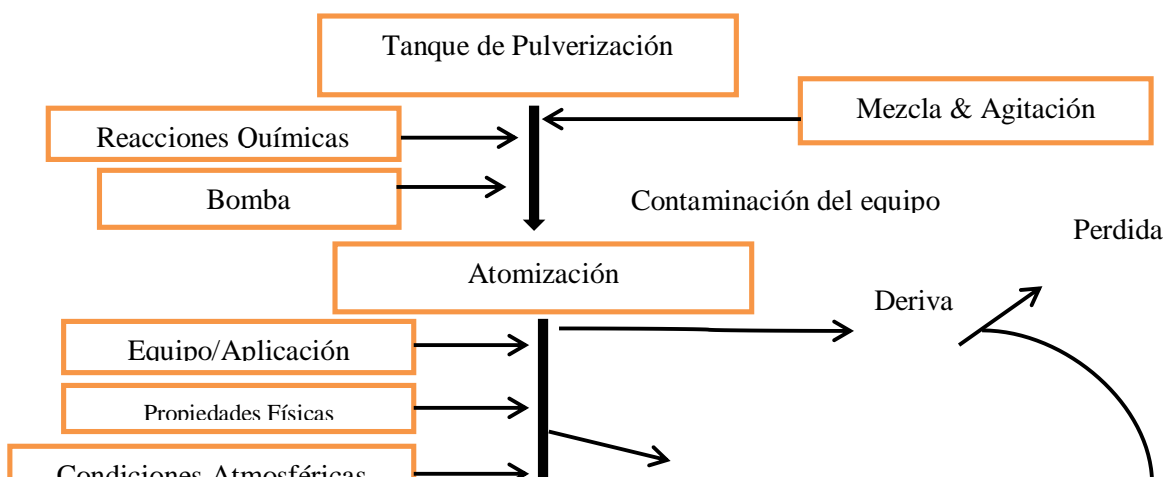
El área foliar de la papa va a variar notablemente según vaya creciendo y desarrollándose, por lo que si la dosis usada sigue siendo la que se menciona en los envases de plaguicidas, las cuales están orientadas al área del terreno más que al tamaño y área foliar de la planta, se producirán sobredosis o subdosis según sea el estado fenológico de ésta, ocasionando pérdidas por deriva y elevando los costos de producción. En las evaluaciones de campo se observa que la deriva es mayor en estadíos de desarrollo menos avanzados de los cultivos (Cross et al, 2001).

La deriva es definida como el traslado del producto dentro y fuera del lugar de la aplicación, por lo cual el plaguicida se pierde y no alcanza el objetivo. Se pueden diferenciar dos tipos de deriva: La exoderiva, que es aquella que se pierde fuera del lugar de la aplicación, y la endoderiva, la que no alcanza el objetivo y cae al suelo. Los factores relacionados con la ocurrencia de deriva son: las características de la pulverización,

equipos y técnicas de pulverización, boquillas, presión y volumen; las condiciones ambientales y los cuidados en la pulverización (Villalba and Hetz, 2010).

Las pérdidas por deriva no solo ocurren durante la aplicación, sino también después de ésta, ya que ocurren pérdidas del producto desde la superficie de las hojas por el proceso de volatilización, el cual es un fenómeno físico. En evaluaciones de campo se observó una mayor cantidad de deriva en herbicidas con mayor presión de vapor (Hansson and Mattson, 2002).

A continuación se muestra la figura 1 donde se puede observar los procesos por los que se pasa una aplicación desde la mezcla en el tanque hasta que se produce el efecto biológico.



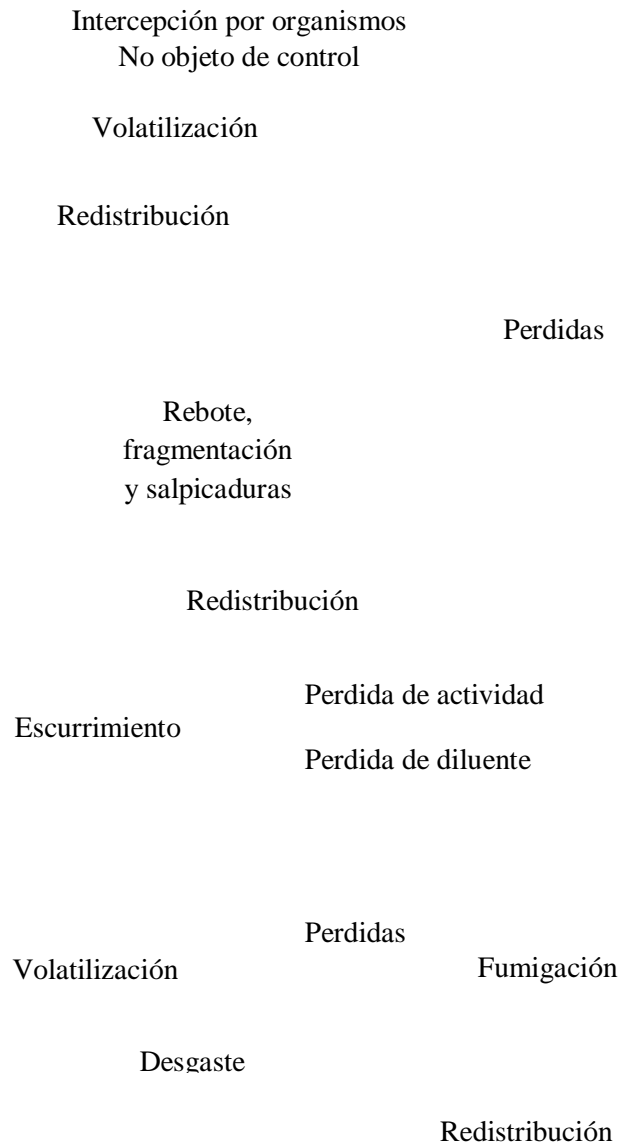


Figura 1: Procesos que intervienen en la transferencia y deposición de los plaguicidas (Matthews, 2000).

Los principales factores ambientales que afectan las aplicaciones de plaguicidas aumentando la deriva son: la temperatura, la humedad relativa, el viento y la lluvia. Una combinación de los dos primeros (alta temperatura y baja humedad relativa) pueden tener un marcado efecto sobre la evaporación de las gotas pulverizadas, en especial cuando éstas son finas o gotas inferiores a 50 μm , además también influye la capacidad de

evaporación de la atmósfera la cual viene a ser la diferencia de temperatura del termómetro entre el bulbo seco y húmedo, teniendo en cuenta que cuando esta diferencia es amplia es indicio de una atmósfera muy seca y con gran potencial de evaporación. El tiempo que tardan las gotas en impactar en el objetivo es otro factor que influye en las pérdidas por evaporación, siendo mayor el volumen evaporado cuando demora más el recorrido de las gotas (Cunningham et al. 1962).

La velocidad y la dirección del viento favorecen el transporte de las gotas fuera del área objetivo, en otras palabras favorece a la exoderiva, siendo la velocidad del viento el factor meteorológico que está más influenciado a la pérdida por deriva, encontrándose mayores problemas de ésta en huertos frutales debido al mayor recorrido que realiza la gota hasta el objetivo. Ensayos realizados muestran que bajo temperaturas de 24 °C gotas de 100 µm de tamaño sometidas a una corriente de aire de 5,18 km/h son arrastradas unos 10 m, mientras que con una corriente de 25,8 km/h la distancia es de 35m (Bayat and Bozdogan, 2005).

La lluvia, por otra parte diluye y lava el plaguicida depositado en el follaje del cultivo, reduciendo así la eficacia de la aplicación, además de contaminar el suelo y elevar los costos de producción (Villalba and Hetz, 2010).

Un tratamiento eficiente también debe tomar en cuenta ciertos aspectos como una debida calibración de la máquina que se utilizará para la aplicación, porque esa condición determina la calidad de la aplicación. La falta de mantenimiento y regulación de los equipos generan mayor uso de plaguicidas, elevando los costos de producción y riesgos al ambiente (Gil, 2003). La eficiencia del proceso se estima evaluando la cobertura y la homogeneidad de la distribución de la pulverización. Para ello es importante considerar la morfología de la planta, la buena elección del producto y el ángulo y dirección de las boquillas (Leonard, 1981).

Por otra parte, diversos trabajos han demostrado como la eficiencia de las aplicaciones es influenciada por las condiciones de operación del pulverizador. Entre ellos, el movimiento horizontal y vertical de la barra de pulverización (Ooms, 2003), el ángulo de pulverización (Zhu et al, 2002; Vásquez et al, 2009), el tipo de boquilla (Omar and Zakaria, 1993), la distancia entre boquillas y la altura de la barra de pulverización en relación al cultivo (Azimi et al, 1985) son algunos de los trabajos que se encuentran en la literatura internacional. La boquilla es el elemento de mayor importancia en una

pulverización, ya que vincula al producto aplicado con el área objetivo. La boquilla presenta diferentes características, tales como, tamaño de gota, caudal y patrón de distribución volumétrica características, que a su vez son influenciadas por la presión de trabajo y la altura de la barra de pulverización (Wang et al, 1994; Voll et al, 2006).

Las boquillas y la presión de aplicación determinan el tamaño y la homogeneidad del espectro de gotas (Villalba and Hetz, 2010). En estudios comparativos entre boquillas Antideriva de abanico con inducción de aire, boquillas de abanico y cono hueco convencionales se demostró que las primeras disminuyen la deriva en un 90% en comparación con las otras dos, aunque no implica una mayor deposición en el follaje (Lesnik et al, 2005).

Sumner et al, (2007) realizaron observaciones con el objetivo de mejorar la cobertura de las aplicaciones analizando la cantidad de material que penetra en la cobertura del algodón y determinar qué tipo de boquilla sería la más apropiada en el control de infestaciones del chinche apestoso. Los resultados indican que los tipos de boquillas de baja deriva penetraron mejor que el tipo de cono hueco.

Tjett, (2011) cuenta con 2 tipos de clasificación de boquillas, las cuales son: Según su patrón de aspersión y por el tamaño de gotas.

Los tipos de boquillas siguiendo su patrón de aspersión son:

- **Abanico Plano:** Forma un patrón estrecho, elíptico, en forma de “V” invertida donde la deposición es mayor en el centro del patrón y se disipa la medida que avanza hacia el borde exterior (Figura 2).

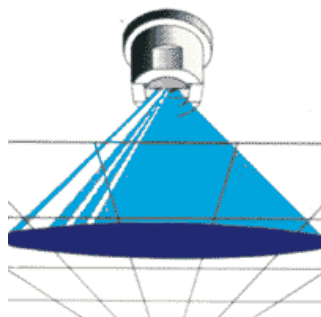


Figura 2: Patrón de abanico plano

- **Cono Hueco:** Forma un patrón circular en forma de anillo para pulverizaciones especiales o dirigidas (Figura 3).



Figura 3: Patrón de cono hueco.

- **Cono Lleno:** Forma un patrón circular lleno de gotas para aplicaciones especiales (Figura 4).



Figura 4: Patrón de cono lleno.

Siguiendo la clasificación por el tamaño de gotas tenemos:

- Muy finas.
- Finas.
- Medianas.

- Gruesas.
- Muy gruesas.
- Extremadamente gruesas.

Como se indicó anteriormente, el tamaño de gota pulverizada tiene una importancia significativa con respecto a la cantidad de deriva producida y por ende al manejo de las plagas, enfermedades fungosas y malezas, debido a la mayor cantidad de plaguicidas depositados en el área objetivo. Las gotas muy grandes contienen más plaguicida y son más propensas a ser lavadas del follaje y en caso de ocurrencia de rocío, puede causar coalescencia de las gotas y pérdidas por goteo, en cambio cuando son muy pequeñas hay mayor posibilidad de ser arrastradas por el viento a zonas fuera del área objetivo. Las pulverizaciones de los plaguicidas son clasificados de acuerdo al tamaño de gota en referencia a su diámetro de la mediana volumétrica en micrómetros, a su vez en el Reino Unido la clasificación se basa en la evaluación del espectro del tamaño de gota (Matthews, 2000).

Tabla 1: Clasificación de las pulverizaciones según su tamaño de gota (Matthews, 2000).

Diámetro de la mediana volumétrica (um)	Clasificaciones de tamaño		
<25	Aerosol fino	Niebla	Pulverización muy fina
26-50	Aerosol grueso		
51-100	Neblina		
101-200	Pulverización fina		
201-300	Pulverización media		
>300	Pulverización gruesa		

Existen distintos métodos para medir la deposición y la deriva todas con validez de acuerdo a los objetivos de cada trabajo. Sin embargo, aquellas técnicas cuantificables proporcionarán información más precisa que permita tomar medidas para minimizar los efectos adversos al ambiente. Además del método para medir la deriva, se debe elegir el material idóneo a usar como marcador. La literatura menciona diferentes productos como colorantes alimenticios y otros fluorescentes y, fertilizantes o plaguicidas con alguna concentración de metales pesados (Travis et al, 1985). Así mismo, en diferentes ensayos se puede observar la utilización del cobre como trazador y la espectrofotometría de absorción atómica como técnica de cuantificación (Salyani and Whitney, 1988; Pergher et al, 1999).

Con relación a las muestras de colecta, diversos materiales han sido utilizados para ese fin, entre ellos, el papel mylar, el papel toalla, placas Petri, banda plástica, organismos vivos como la propia planta y caracoles (Salyani and Hoffinarm, 1996; Pergher et al, 1999; Giussepe et al, 2013 y Druart et al, 2011).

3 MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Ubicación del área experimental

La fase experimental tuvo lugar en los campos de la sede del IRD Costa de la UNALM, Fundo Don German ubicado en la localidad de Cuiva, distrito y provincia de Cañete, departamento de Lima. Ubicado aproximadamente a 40 msnm y a S13°05'47.39" – W76°21'38.85".

3.1.2 Material Vegetal

El presente experimento se desarrolló en el cultivo de papa, variedad UNICA que fue conducido en campo desde el mes de Mayo hasta Agosto del 2012.

- Estado fenológico en la primera aplicación: Botón Floral (Figura 5)
- Altura promedio de planta: 0.8 m.
- Edad de la planta en la primera aplicación: 47 días después de la siembra
- Estado fenológico en la segunda aplicación: Maduración (Figura 5)
- Altura Promedio de planta: 1.5 m.
- Edad de la planta en la segunda aplicación: 92 días después de la siembra
- Distanciamiento entre surco: 0.9 m.
- Distanciamiento entre plantas: 0.25 m.

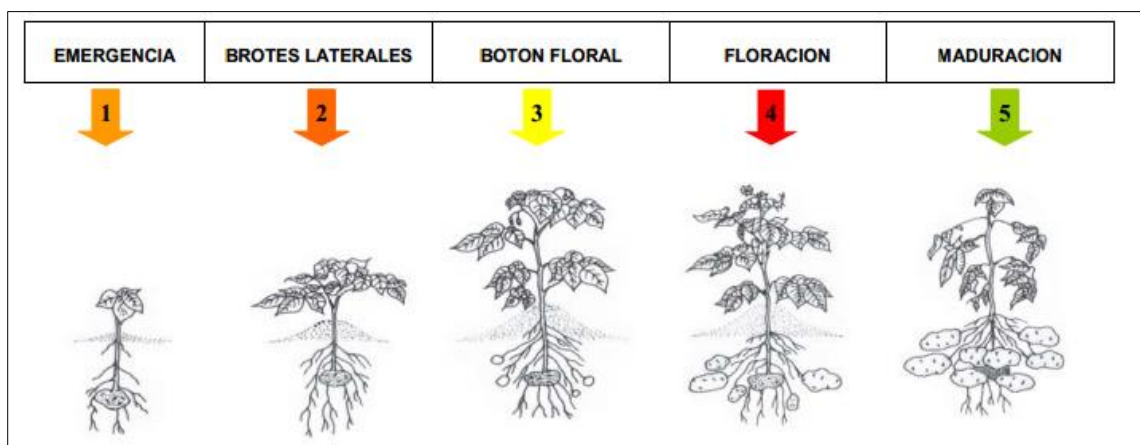


Figura 5: Fenología de la papa (Minag, 2012).

3.1.3 Materiales de Campo:

- Placas Petri de 15 cm de diámetro.

- Discos de cartón de 15 cm de diámetro.
- Fertilizante foliar (Promet-Cu, 8,2% de Cu).
- 12 estacas de madera.
- 50 kg. de cal.
- 12 baldes de 5 lts.
- 1 manguera de 1 ½ pulgada de diámetro y 12m. de longitud.
- Cronómetro.
- Guantes.
- Mascarilla.

3.1.4 Materiales de Laboratorio

- 20 Matraces de Erlenmeyer.
- 240 frascos de plástico de 60ml.
- Ácido Nitroperclórico al 10 %
- Agua destilada.
- Pipeta.
- Varilla de Vidrio.

3.1.5 Materiales de Oficina

- Laptop Toshiba
- Cámara fotográfica
- Hojas de Papel
- Lápiz
- Lapicero
- Marcadores de colores
- Cinta embalaje
- Bolsas de papel
- Dos tijeras

- Wincha de 30m.

3.1.6 Equipos de Campo

- Tractor marca Jhon Deere, modelo 2140 (Anexo 6).
- Pulverizadora montada, marca Sermi, modelo FS-12-600, equipado con bomba de $115 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ de caudal y tanque de 600 L. de capacidad (Anexo 7).
- 24 Boquillas Jacto JA2.
- 24 Boquillas Jacto AxiTwin.
- 24 Boquillas Magno Mag2.
- Manómetro.
- Anemómetro.

3.1.7 Equipos de Laboratorio

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica. MarcaPekin Elmer.Modelo 3100.
- Mufla Electrónica (LINBERG - modelo 5144).
- Termo-Higrómetro (HANNA - modelo HI 9565).
- Balanza electrónica.

3.2 METODOS Y PROCEDIMIENTOS

3.2.1 Fase de campo.

a. Localidad experimental

En el fundo Don German, se seleccionó el lote San Luis de 4 ha. Se realizaron 6 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, el área de cada repetición fue de 10 m de largo x 12 m de ancho (correspondiente a la longitud de la barra de pulverización y que cubría 12 hileras de plantas) tal como se puede observar en la figura 6.

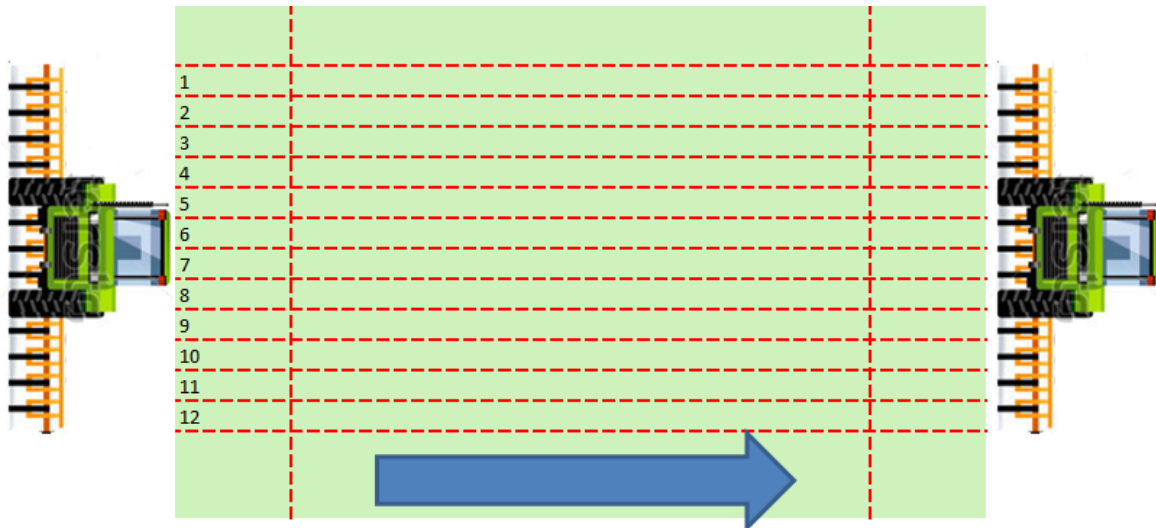


Figura 6: Esquema del desplazamiento del conjunto tractor - pulverizador

Se seleccionó este lote porque contaba con el cultivo de papa en el cual se podía realizar las aplicaciones en diferentes estados fenológicos (Figura 7).



Figura 7: Tractor-pulverizador en proceso de aplicación del 2^{do} estado fenológico. Fundo Don German. Cañete - Perú.

b. Condiciones Climatológicas

Los promedios de los datos climatológicos fueron obtenidos de los registros de la estación meteorológica del propio fundo y de los propios instrumentos utilizados en este ensayo.

Durante el periodo de instalación del cultivo conducido desde el mes de Mayo a Agosto del año 2012, la temperatura máxima osciló entre 21.8°C y 26.5°C mientras que la temperatura mínima varía entre 13.1°C y 16.3°C. Así también, la humedad relativa máxima vario entre 91% y 97%; mientras, que la humedad relativa mínima oscilo entre 77% y 89% (Anexo 1 y 2).

c. Factores en estudio

Los tratamientos fueron 6 y correspondieron a tres modelos de boquillas: Magno Mag2, Jacto JA2 y Jacto AxiTwin (doble chorro), los cuales presentan diferentes caudales de aplicación y específicamente la boquilla AxiTwin (Figura 8), entre sus características está la de reducir la deriva de pesticidas durante la aplicación; y dos estados fenológicos diferentes; el primero a los 47 días después de la siembra y el segundo a los 92 días después de la siembra, por otro lado, se ha considerado como testigo a la boquilla Magno Mag2, la cual es usada por el fundo (Tabla 2).

**Tabla 2: Tratamientos: Modelos de boquillas y estado fenológico del cultivo.
Fundo Don German. Cañete, Lima – Perú 2012.**

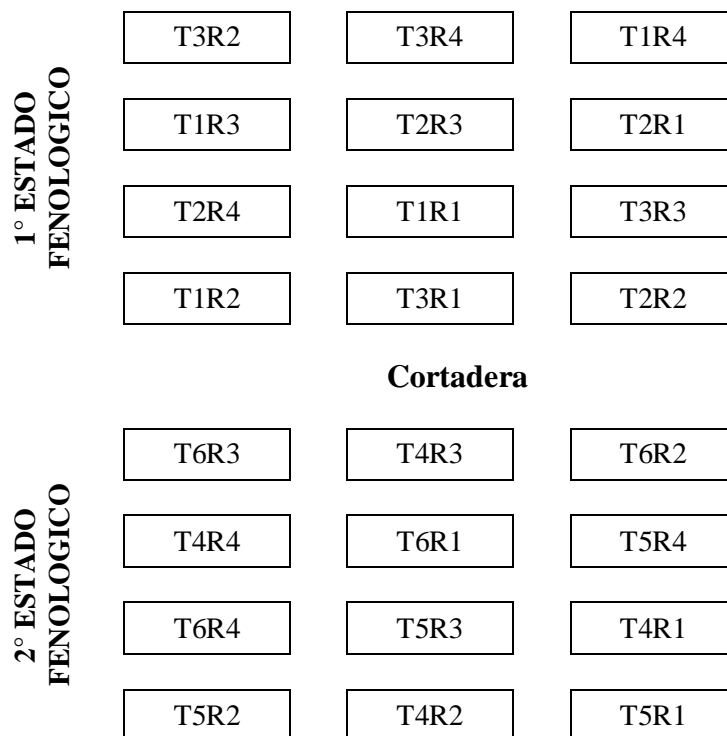
Tratamiento	Modelo de boquilla	Estado fenológico del cultivo
I	JA2	Botón floral
II	AxiTwin	Botón floral
III	Mag2	Botón floral
IV	JA2	Maduración
V	AxiTwin	Maduración
VI	Mag2	Maduración



Figura 8: Tractor-pulverizador en proceso de aplicación utilizando la boquilla AxiTwin (doble chorro).

Los dos modelos de boquillas de la marca Jacto utilizados en esta investigación no son de uso masivo en el Perú, sin embargo presentan características que resultan interesantes para analizar.

Se debe recalcar que la segunda aplicación (Segundo estado fenológico) no se realizó en el mismo lugar que la primera para no alterar datos por la acumulación de Cu en la planta. Cada tratamiento con sus 4 repeticiones se ven distribuidos en la figura 9.



Leyenda:

- T1R1, R2, R3 y R4: Boquilla JA2.
- T2R1, R2, R3 y R4: Boquilla AxiTwin.
- T3R1, R2, R3 y R4: Boquilla Mag2.
- T4R1, R2, R3 y R4: Boquilla JA2.
- T5R1, R2, R3 y R4: Boquilla AxiTwin.
- T6R1, R2, R3 y R4: Boquilla Mag2.

Figura 9: Distribución de tratamientos en el área experimental. Cañete – Perú. 2012

Para obtener los volúmenes de aplicación de 300 y 600 L.ha⁻¹ para los estados fenológicos de botón floral y maduración, respectivamente, se reguló la velocidad del conjunto tractor – pulverizador para cada modelo de boquilla (Tabla 3; Anexo 3 y 4).

Tabla 3: Marcha, Velocidad del tractor, Volumen de aplicación para cada modelo de boquilla en cada estado fenológico.

Estado fenológico	Modelo de boquilla	Volumen de aplicación L.ha ⁻¹	Marcha del tractor	Velocidad del tractor km.h ⁻¹
Botón floral	Mag2	305	4ta Baja/2000rpm	4.1
Botón floral	JA2	302	4ta Baja/1800rpm	3.8
Botón floral	AxiTwin	302	4ta Baja/1800rpm	3.7
Maduración	Mag2	605	1ra Baja/1800rpm	2
Maduración	JA2	597	1ra Baja/1800rpm	1.9
Maduración	AxiTwin	591	1ra Baja/1800rpm	1.9

d. Trazador empleado

El trazador utilizado fue un fertilizante foliar a base de cobre, Promet-Cu® (8.2% de Cu), donde se utilizó la dosis recomendada por el fabricante (450 mL.ha⁻¹) para todos los tratamientos.

e. Equipo de aplicación

Se utilizó un pulverizador montado, marca Sermi, modelo FS-12-600, equipado con una bomba de 115 L.min⁻¹, además, la barra de pulverización de 12 m de longitud con 24 porta boquillas distribuidas en la barra a un distanciamiento de 0.5 m entre boquillas (Figura 10).

Un día antes de iniciar los tres primeros tratamientos se realizó la calibración del pulverizador y se volvió a calibrar en los tres últimos tratamientos.

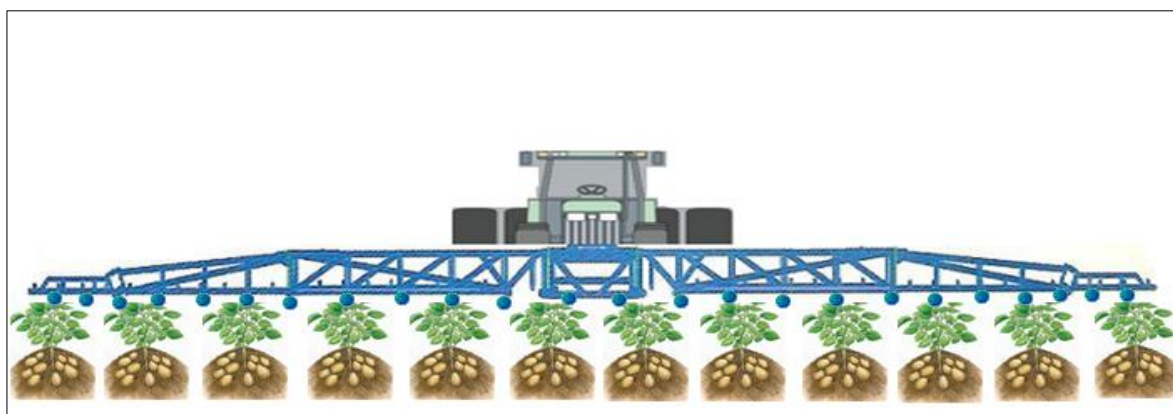
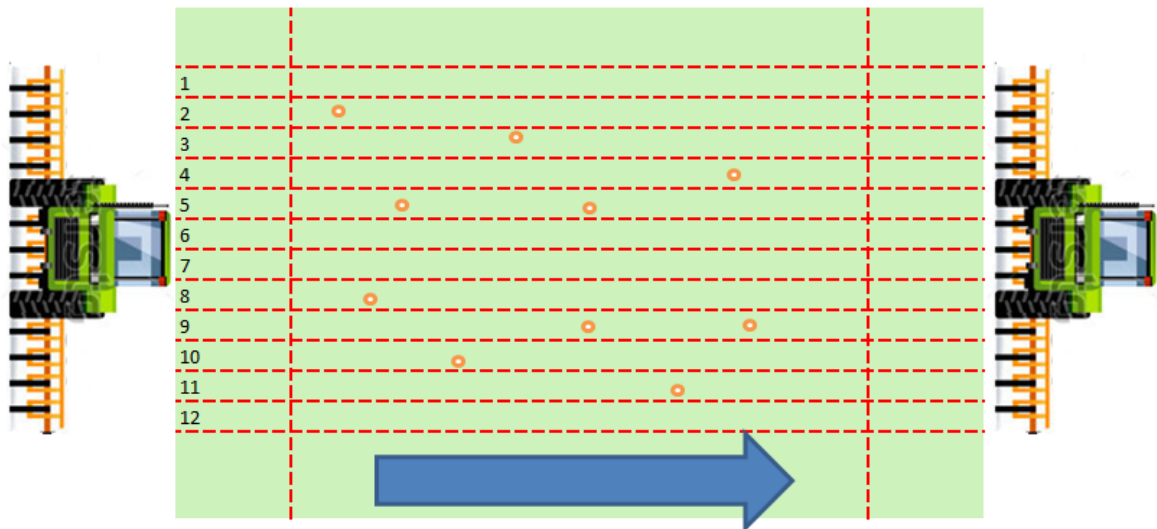


Figura 10: Esquema de la distribución de la barra pulverizadora en campo.

f. Selección de plantas para el muestreo

Se seleccionaron 10 plantas aleatoriamente sobre las 10 hileras centrales (dejando las 2 hileras laterales por el efecto borde) que cubre el ancho de la barra de pulverización tal como se muestra en la figura 11.



0: Plantas seleccionadas.

Figura 11: Esquema de selección de las 10 plantas de papa en las parcelas de experimentación para el estudio de deposición. Cañete, Lima – Perú.

g. Evaluaciones realizadas

g.1 Endoderiva

Antes de la aplicación del trazador se colocaron placas Petri de 15 cm de diámetro en las 10 plantas seleccionadas por cada repetición. Las placas fueron colocadas al costado derecho de cada planta en el fondo de surco (Figura 12), con el objetivo de recolectar el producto que se pierde dentro del mismo campo (endoderiva) en una aplicación convencional. Dentro de cada placa Petri se colocó un cartón cortado de forma circular con el mismo diámetro a fin de recolectar la solución aplicada (Figura 13).



Figura 12: Distribución de las placas Petri en campo.



Figura 13: Placa Petri con cartón colocado en campo para la recolección de Cobre.

Es importante mencionar que los modelos de boquillas utilizados trabajaron en diferentes presiones según sus características de fabricación; pero la cantidad de producto (Promet-Cu) fue la misma para la preparación del caldo.

Al finalizar la aplicación en cada tratamiento se procedió a retirar las placas con los discos de cartón, los cuales fueron codificados y embalados para su posterior análisis en los Laboratorios de Toxicología y de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

g.2 Depósito en hojas

Para la evaluación del depósito se seleccionaron 50 hojas de tamaños similares por cada parcela o repetición. El muestreo se realizó formando dos diagonales cruzadas en la parcela donde se colectaron dos hojas del tercio medio por planta (Figura 14), evaluándose 25 plantas por parcela. Estas hojas se colocaron en bolsas de papel kraft para ser codificadas y embaladas.



Figura 14: Recolección de hojas del cultivo de papa.

El material fue conducido a los laboratorios de Toxicología y de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

g.3 Concentración de Cobre en el caldo

Después de preparar el caldo para cada tratamiento, se tomaron muestras de 1 L para su posterior análisis en el laboratorio (Figura 15).



Figura 15: Recolección de la muestra del caldo de plaguicidas.

g.4 Área foliar

La cuantificación del área foliar se realizó para cada estado fenológico, donde se eligió dos plantas de toda el área experimental, estas plantas fueron las más homogéneas en tamaño con las demás plantas de las parcela, de estas dos plantas se colectaron todas sus hojas y se colocaron dentro de dos bolsas de papel kraft.

3.2.2 Fase de laboratorio

a. Endoderiva

La extracción de Cobre de los cartones se llevó a cabo en el Laboratorio de Toxicología de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

La cuantificación de Cobre se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Plantas de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

a.1 Método de extracción

En laboratorio, los discos de cartón fueron trozados y colocados en matraces de Erlenmeyer, en cada matraz se puso cada muestra, posteriormente fueron tratados con ayuda de una pipeta con 10 mL de Ácido Nitroperclórico al 10 % y calentados a 450 °C

por una hora, para luego ser filtrados y finalmente disueltos con agua destilada. Luego de esta operación, el líquido fue depositado en envases de plástico de 60 ml, los cuales fueron enviados al Laboratorio de Análisis de suelos, Aguas y Plantas para su consecuente cuantificación.

Después de cada operación los materiales y recipientes fueron lavados con moderada cantidad de agua des-ionizada evitando la acumulación de cobre.

a.2 Método de cuantificación

La cuantificación del Cobre fue mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica. Para cuantificar este elemento se utilizó una lámpara de cátodo hueco para cobre. Antes de realizar la cuantificación se calibró el equipo a concentraciones conocidas de 1, 2 y 3 ppm de Cobre.

b. Depósito en hojas

b.1 Método de extracción

Las Bolsas de papel conteniendo las hojas recolectadas fueron colocadas en estufa durante 48 horas a una temperatura de 65 °C para quitarles la mayor cantidad de agua, posteriormente las hojas secas fueron trituradas y colocadas en matraces de Erlenmeyer, en cada matraz se colocó cada repetición de cada tratamiento. Luego las muestras fueron tratadas con 10 mL de ácido Nitroperclórico al 10% y calentadas a 450 °C por una hora, para luego ser filtradas y finalmente disueltas con agua destilada. Finalmente la solución resultante fue depositada en envases de plástico de 60 mL, los cuales fueron enviados al Laboratorio de Análisis de suelos, Aguas y Plantas para su consecuente cuantificación.

Después de cada operación los materiales y recipientes fueron lavados para evitar la acumulación de cobre.

b.2 Método de cuantificación

La cuantificación del Cobre fue mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica siguiéndose el mismo procedimiento que con los cartones.

b.3 Concentración de Cobre en el caldo

El método de cuantificación de Cobre en la solución aplicada fue el mismo descrito líneas arriba.

b.4 Área Foliar

En laboratorio con ayuda de un sacabocado se cortaron las hojas y se obtuvieron 25 cuadrados de 4 cm² cada uno, haciendo un total de 100 cm² o 1dm², posteriormente se volvieron a colocar en las bolsas y estas se colocaron en la estufa durante 48 horas a 65 °C para retirarles la humedad, luego de dos días se pesaron los 25 cuadrados y el resto de las hojas, con los datos de los pesos y el área conocida de los 25 cuadrados se obtuvo el área foliar de las dos plantas mediante una regla de tres simple y se promediaron estos dos datos.

Finalmente, el promedio de estos dos datos obtenidos en cada estado fenológico junto con la densidad por ha (calculada a partir de los distanciamientos entre surcos y entre plantas) nos dió el área foliar de una ha de cultivo de papa mediante una regla de tres simple (Anexo 8).

3.2.3 Evaluación experimental

Se evaluó la cantidad de Cobre (ppm) depositado en el colector de cartón y en las hojas de papa.

3.2.4 Diseño experimental

De acuerdo a la naturaleza del estudio que consistió en evaluar la deriva de plaguicidas generada por tres modelos de boquillas (Mag2, JA2 y AxiTwin) en dos estados fenológicos diferentes (a los 47 y 92 días después de la siembra) en el cultivo de papa, el diseño experimental elegido fue DCA en arreglo factorial 2X3 (2 estados fenológicos por 3 modelos de boquillas) con 4 repeticiones, donde la distribución de las boquillas con sus repeticiones fueron elegidos aleatoriamente para cada estado fenológico. Este diseño se realizó independientemente para el depósito en planta y la endoderiva producida.

3.2.5 Modelo estadístico

$$Y_{(ij)} = \mu + t_i + \epsilon_j(i)$$

$$Y = u + Fi + Bj + (F*B)IJ + EIJ$$

Donde:

Y = es la variable de respuesta de interés.

μ = promedio general de la población sobre la cual se está trabajando

t = es la variación que se atribuye a los niveles del factor que se está evaluando (efecto de los tratamientos).

ξ = es la variación de los factores no controlados (el error experimental)

i = i -ésimo tratamiento

j = j -ésima repetición de cada tratamientos

$j(i)$ = es la variación de las unidades experimentales anidado en los tratamientos.

Fuentes de Variación:

Grados de libertad (GL):

• Muestra	5
• Error	18
• Total	23

El análisis detallado se realizó mediante la prueba de Tukey, tomando en cuenta que los tratamientos estaban dispuestos en un arreglo factorial.

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados se presentan en forma ordenada en base a cuadros y figuras las que son analizadas en detalle (Anexo 5).

4.1 Endoderiva: Análisis de Variancia

En base a lo obtenido en el análisis de variancia (Tabla 4), se debe señalar, que no existe diferencia significativa entre los estados fenológicos de la planta. Por otro lado, hubo diferencia significativa a nivel de boquillas y no se encontró diferencia significativa en la interacción de fenología con boquillas.

Tabla 4: Análisis de variancia de la endoderiva generada en una aplicación agrícola en el cultivo de papa. Cañete – Perú. 2012.

Fuente de variación	Grados de libertad	F	Pr > F	
Estado fenológico de la planta	1	3.3	0.0861	N.S.
Boquillas	2	3.85	0.0406	*
Estado fenológico de la planta x Boquillas	2	0.2	0.8229	N.S.

En el análisis de Variancia se obtuvo un coeficiente de variación de 13.1 y se utilizó la prueba de Tukey de comparación múltiple de medias para definir el mejor tratamiento con respecto a los otros.

Según lo observado en el tabla 5, se debe señalar que la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para la variable endoderiva del factor principal “estado fenológico” nos indica que no hubo diferencias significativas entre los dos estados fenológicos de la papa donde se realizó el experimento.

Tabla 5: Prueba de Tukey para la endoderiva (factor estado fenológico).

Tratamiento	Medias
Segundo estado fenológico	31.625 ^a
Primer estado fenológico	28.7 ^a

Por otro lado, para la misma variable del factor principal “Boquillas” se observa que la boquilla AxiTwin resulto mejor estadísticamente que la boquilla JA2 pero fue similar que la boquilla Mag2 y a su vez esta boquilla resulto similar a la boquilla JA2 (Tabla 6).

Tabla 6: Prueba de Tukey para la endoderiva (factor boquilla).

Tratamiento	Medias
Boquilla JA2	32.801 ^a
Boquilla Mag2	30.35 ^{ab}
Boquilla Axitwin	27.336 ^b

En la figura 17 se presentan los resultados que establecen las comparaciones entre los diferentes tratamientos y sus repeticiones.

Los registros indican que las boquillas Jacto Axitwin son las que produjeron menor endoderiva que las boquillas Jacto JA2 y Mag2. Así mismo las boquillas Mag2 en los dos estados fenológicos obtuvieron resultados menores con respecto a las boquillas Jacto JA2 pero estos resultados no son significativos por lo que se concluye que con las dos boquillas hubo igual endoderiva. Se debe señalar que las boquillas Axitwin entre sus principales características esta el reducir la deriva y junto con la JA2 son boquillas nuevas, por otro lado las boquillas Mag2 tuvieron más de un año de uso al momento de realizar la investigación. En estudios comparativos entre boquillas antideriva, boquillas de abanico y cono hueco convencionales se demostró que las primeras disminuyen la deriva en un 90% en comparación con las otras dos, aunque no implica una mayor deposición en el follaje (Lesnik et al, 2005).

Entre los dos estados fenológicos, en el primero las tres boquillas obtuvieron menores cantidades de perdida comparándolas con ellas mismas en el segundo estado fenológico. Sin embargo estas diferencias no fueron estadísticamente significativas por lo que hubo igual endoderiva en los dos estados fenológicos. Se debe indicar que previo a la realización de los tratamientos en el segundo estado fenológico se realizó una labor cultural en la papa llamada apertura de calles la cual fue hecha para facilitar el paso del tractor – pulverizador en las aplicaciones sanitarias. Esta labor consistió en echar las plantas a un lado cubriéndose totalmente unos surcos y dejando despejados otros (Figura 16), y debido a esta hubo mayor endoderiva en el segundo estado fenológico contrario a

otras investigaciones donde se observó que la endoderiva fue mayor en estadíos iniciales de desarrollo (Cross et al, 2001).



Figura 16: Medición de la altura de barra en los tratamientos del segundo estado fenológico.

Esta labor se realizó para tener un mejor control de las plagas que afectan el cultivo en esta etapa de su desarrollo (Castro¹, 2012)

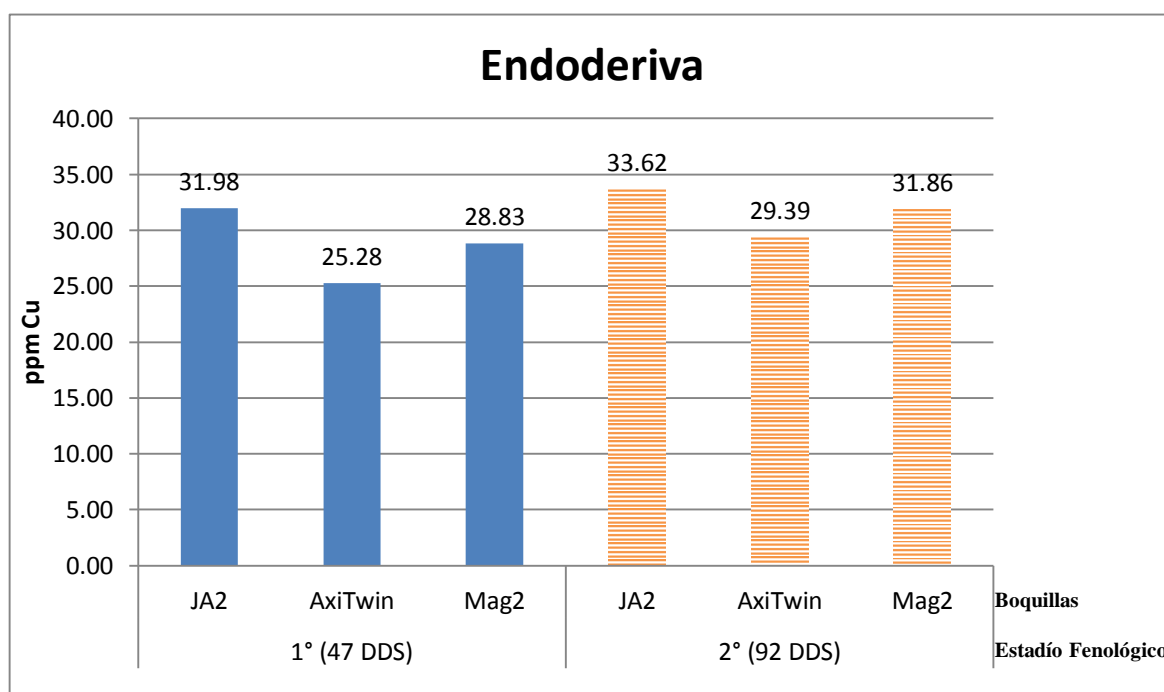


Figura 17: Cantidad de Cobre depositado en las placas Petri como simulación para hallar la endoderiva en todos los tratamientos, en el cultivo de papa. Cañete – Perú. 2012.

¹Castro, E. 2012. Fundo Don German. Comunicación personal.

4.2 Depósito de Cobre en planta: Análisis de Variancia

Según lo observado en el análisis de variancia (Tabla 7), en el estado fenológico de la planta se obtuvo al menos un resultado diferente. En las boquillas no se encontró diferencia significativa al igual que en la interacción fenología y boquillas.

Tabla 7: Análisis de variancia del depósito de Cobre en el cultivo de papa. Cañete – Perú. 2012.

Fuente de variación	Grados de libertad	F	Pr > F	
Estado fenológico de la planta	1	60.03	<0.0001	**
Boquillas	2	0.68	0.5189	N.S.
Estado fenológico de la planta x Boquillas	2	1.46	0.259	N.S.

En el análisis de variancia se obtuvo un coeficiente de variación de 19.3 y se utilizó la prueba de Tukey al igual que en la endoderiva.

Según lo observado en el tabla 8, la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para la variable depósito de Cobre del factor principal “estado fenológico” indica que el segundo estado fenológico resultó mejor estadísticamente que el primero.

Tabla 8: Prueba de Tukey para el depósito de cobre en planta (factor estado fenológico).

Tratamiento	Medias
Segundo estado fenológico	37.25 ^a
Primer estado fenológico	19.833 ^b

Por otro lado, para la misma variable del factor principal “Boquillas” se observa que no hubo diferencias significativas entre las boquillas utilizadas (Tabla 9).

Tabla 9: Prueba de Tukey para el depósito de Cobre en planta (factor boquilla).

Tratamiento	Medias
Boquilla Mag2	30.25 ^a
Boquilla JA2	28.313 ^a
Boquilla Axitwin	27.063 ^a

En la figura 18 se presentan los resultados que establecen las comparaciones entre los tratamientos.

Entre los dos estados fenológicos, en el segundo los tres modelos de boquillas ocasionaron mayores cantidades de depósito de Cobre, en relación al primer estado fenológico.

Se observó claramente que el depósito de Cobre se vio favorecido por el crecimiento de la planta (aumento del área foliar), obteniéndose mayor depósito en el segundo estado fenológico.

Por otra parte, el volumen de aplicación utilizado en el segundo estado fenológico fue casi el doble a aquel utilizado en el primero, a pesar que en ambas situaciones se emplearan la misma dosis por hectárea. Panneton & Piche, (2003) también obtuvieron mejores resultados de depósitos en el cultivo de papa con volúmenes de aplicación más altos.

El área foliar obtenida en el primer estado fenológico fue de 22999.5478m² y en el segundo 34422m² habiendo aproximadamente un 50% más que en el primero.

Según lo observado en la tabla 8, se obtuvo un 88% (aproximadamente) más depósito de Cobre en el segundo estadio respecto al primero.

Además, Los registros indican que a pesar que las boquillas Mag2 obtuvieron mayor depósito de Cobre respecto a las boquillas Jacto JA2 y Axitwin como se ve en el segundo estado fenológico de la figura 13. Esos resultados no son significativos, al igual de aquellos observados en el primer estado fenológico por lo que se concluye que las tres boquillas producen igual depósito de Cobre. Azimi et al, (1985) indica que el espaciado, las alturas, y las presiones usadas en las boquillas comúnmente conlleva a una distribución ligeramente homogénea de la aplicación en toda la cobertura de la planta.

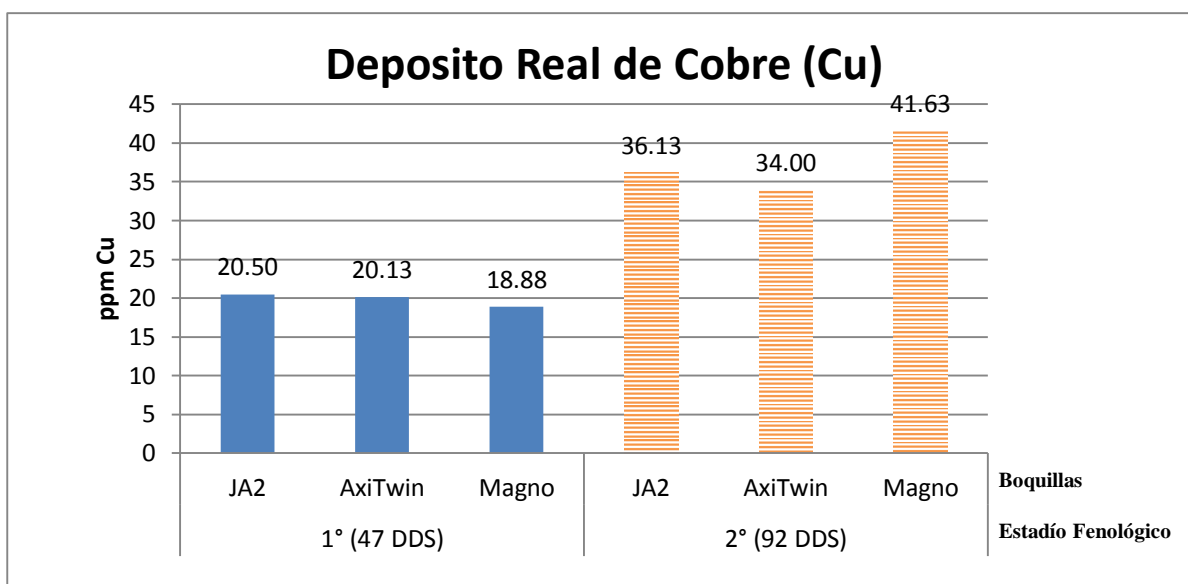


Figura 18: Cantidad de Cobre depositado en las plantas del cultivo de papa, en todos los tratamientos. Cañete – Perú. 2012.

La figura 19 muestra la relación entre la endoderiva y el depósito de Cobre en todos los tratamientos.

Se observa que la endoderiva es mayor que el depósito de Cobre en el primer estado fenológico y menor en el segundo.

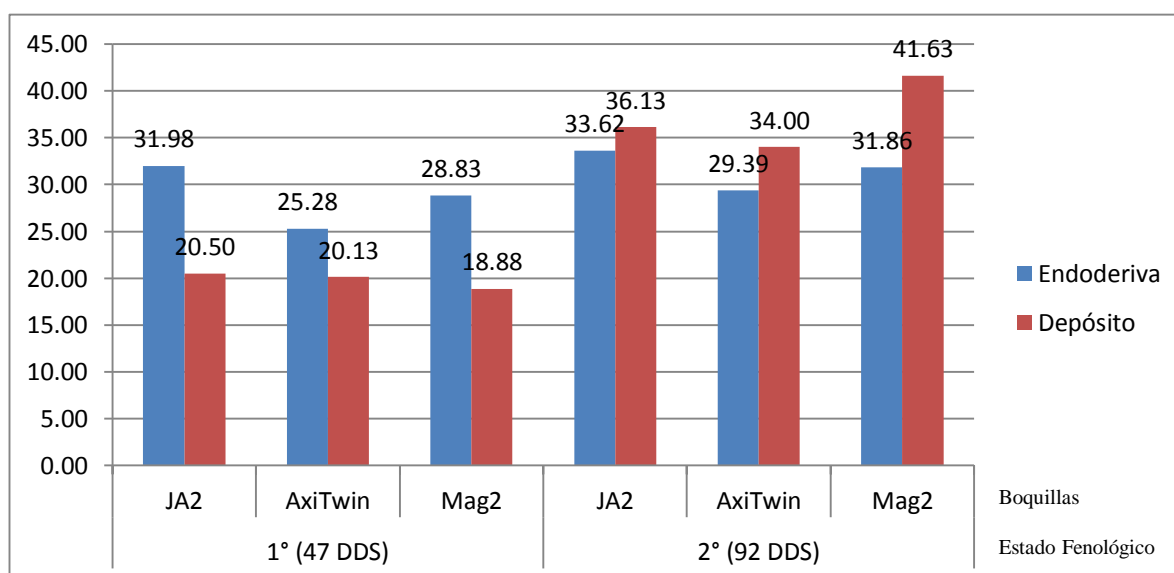


Figura 19: Endoderiva y depósito de Cobre en todos los tratamientos en el cultivo de papa. Cañete – Perú. 2012.

Así mismo, en los análisis de las mezclas preparadas en el tanque de la pulverizadora dieron como resultados 97 y 58 ppm de Cobre para la aplicación del primer y segundo estado fenológico respectivamente, tal como se aprecia en la tabla 10.

Tabla 10: Resultados de Cobre en ppm de la endoderiva y depósito en la planta en todos los tratamientos.

Estado Fenológico	[] de Cu en el Caldo	Boquilla	Endoderiva	%	Depósito en la Planta	%	[] Caldo - (Endoderiva + Depósito)	%
1° (47 DDS)	97 ppm	JA2	31.98	32.97	20.50	21.13	44.52	45.90
		AxiTwin	25.28	26.06	20.13	20.75	51.59	53.19
		Mag2	28.83	29.72	18.88	19.46	49.29	50.81
2° (97 DDS)	58ppm	JA2	0.00	0.00	36.13	62.29	21.87	37.71
		AxiTwin	0.00	0.00	34.00	58.62	24.00	41.38
		Mag2	0.00	0.00	41.63	71.78	16.37	28.22

Durante la realización de los tratamientos del segundo estado fenológico para la variable endoderiva, hubo una labor cultural (apertura de calles) que afectó el depósito de Cobre en los cartones, encontrando mayores valores a los evaluados en el primer estado fenológico, donde hay una menor cobertura del suelo debido a una menor área foliar. Por esta razón, se está asumiendo como cero los últimos tratamientos de la endoderiva; por lo tanto al aumentar el área foliar, la endoderiva disminuye y el depósito de Cobre aumenta, tal como se puede apreciar en el cuadro anterior.

En evaluaciones de campo se observó que la deriva fue mayor en estadíos de desarrollo menos avanzados de los cultivos (Cross et al, 2001).

Por último, según lo observado en la tabla 10 la suma de los resultados de la endoderiva y el depósito en la planta, fueron menores a las concentraciones iniciales de cobre en el caldo, siendo estos sobrantes probablemente pérdidas del plaguicida generadas por el viento (exoderiva) y la volatilización.

5 CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se ha desarrollado la investigación, se han obtenido las siguientes conclusiones:

1. La boquilla AxiTwin generó menor endoderiva independientemente de los estados fenológicos.
2. Independientemente de los estados fenológicos, no existen diferencias significativas entre las boquillas JA2 y Mag2 ni en la endoderiva ni en el depósito en las hojas.
3. El depósito de plaguicidas es mayor conforme se incrementa el área foliar del cultivo de papa.
4. Utilizando la misma dosis del plaguicida hubo una mayor acumulación en el segundo estado fenológico, por lo que se comprueba que las dosis que se recomiendan en las etiquetas de los productos no están enfocados en la fenología de las plantas, y si se aplica siguiendo esta receta llegara a la planta algo muy distinto de lo que se pretende aplicar, dependiendo del estado fenológico del cultivo.

6 RECOMENDACIONES

1. La calibración del equipo de aplicación, es el primer paso para lograr una aplicación de plaguicidas.
- 2 Realizar este ensayo con más estados fenológicos y más boquillas que tengan otras características.
- 3 Cada vez que se utilice un nuevo plaguicida es conveniente realizar pruebas con las dosis a aplicar, teniendo en cuenta el estado fenológico de la planta para lograr una mejor aplicación.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azimi, A., Carpenter, T. y Richard, D. 1985. Nozzle Spray Distribution for Pesticide Application. ASAE, 28(5): 1410-1414.
- Abad, G. and J. Abad. 1995. Historical evidence on the occurrence of late blight of potato, tomato and pearl melon in the Andes of South America. Pages 36- 49 in: *Phytophthora Infestans 150*. L.J. Dowley, E. Bannon, L.R. Cooke, T. Keane and E. O'Sullivan, eds. Boole Press Ltd., Ireland.
- Castro-Medina E. 2012. Fundo Don German. UNALM. Comunicación personal.
- Cisneros, F. 1995. Control químico. En: "Control de plagas agrícolas". 2da Edición. Lima, pp. 164-189.
- Cross, J. V.; Walklate, P.J.; Murray, R. A.; Richardson, G. M. 2001. Sprays deposits and losses in different sized apples trees from an axial fan orchard sprayer. 1 effects of spray liquid flow rate. *Crop protection*, 20: 13-30.
- Cunha, J.P.A.; Teixeira, M.M.; Castillo, B.; Rodríguez, G. 2010. "Formulación de agroquímicos para el control de plagas", pp. 28-44 in: *Tecnología de aplicación de agroquímicos*. Magdalena, J.C.; Castillo, H. B.; Di Prinzio, A.; Homer, B. I.; Villalba, J. Eds. Área de comunicaciones del INTA. Alto Valle. Argentina, pp.195.
- Cunningham, R.T.; Bran, J.L.;Fleming, G.A. 1962. Factors affecting the evaporation of water from droplets in airblats sprayers. *Journal of Economic Entomology* 55(2): 192-199.
- Druart, C.; Millet, M.; Scheifler, R.; Delhomme, O.; Raepfel, C.; Vaufleury, A. 2011. Snails as indicators of pesticide drift, deposit, transfer and effects in the vineyard. *Science of The Total Environment*, 409: 4280-4288.
- Egúsquiza, B. R. 2000. La papa: Producción, transformación y comercialización. UNALM. Lima-Perú. pp. 192.

- Gil, E. 2003. Bases para una correcta realización de los tratamientos fitosanitarios en el cultivo de la viña. Disponible en: <http://e-md.upc.edu/diposit/material/22464/22464.pdf>, visitado por última vez 14 de octubre del 2012.
- Hansson, D.; Mattson, J.E., 2002. Effect of drop size, water flow, wetting agent and water temperature on hot-water weed control. *Crop Protection*, 21: 773-781.
- Leiva, P. 2009. Calidad de Aplicación de Plaguicidas. Disponible en: 0 20agqcos.pdf Visitado por ultima vez 18 de enero del 2011.
- Leonard, D. 1981 Cultivos Tradicionales. Disponible en: http://www.fastonline.org/CD3WD_40/HLTHES/PC/M0035S/ES/M0035S0Q.HTM#PAUTAS PARA LA APLICACION DE INSECTICIDAS, visitado por última vez 14 de octubre del 2012.
- Lesnik, M.; Pintar, C.; Lonik, A.; Kolar, M. 2005. Comparison of the effectiveness of standard and drift-reducing nozzles for control of some pests of Apple. *Crop Protection*. 24: 93-100.
- Magdalena, J.C.; Fernández, D.; Di Prinzio, A., “Behmer, S. 2010, Pasado y presente de la aplicación de agroquímicos en agricultura”, pp. 18-25 in: Tecnología de aplicación de agroquímicos. Magdalena, J.C.; Castillo, H. B.; Di Prinzio, A.; Homer, B. I.; Villalba, J. Eds. Área de comunicaciones del INTA. Alto Valle. Argentina, pp.195.
- Ministerio de Agricultura del Perú, 2012. Agro al día, in: <http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroclima/efenologicos/papa10.pdf>, visitado por última vez 20 de Julio del 2012.
- Ministerio de Agricultura del Perú, 2014. Estadística Agraria Mensual, in: <http://www.minag.gob.pe/portal/herramientas/boletines/estadistica-agraria-mensual>, visitado por última vez 30 de Abril del 2014.
- Matthews, G.A. 2000. Pesticide application methods. Blackwell Science. London, England. 432 p.

- Omar, D.; Zakaria, Z. 1993. Effect of spray droplet spectra from cone nozzles on the effectiveness of Cypermethrin. *International Journal of Pest Management*, 39(1):90-92.
- Onorato, A. y Tesouro, M. 2004. Desempeño antideriva de una boquilla de pulverización agrícola de cono hueco inducida por aire. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 33(2): 3-13.
- Ooms, D.; Ruter, R.; Lebeau, F. 2003. Distain impact of the horizontal movements of a sprayer boom on the longitudinal spray distribution in field conditions. *Crop Protection*, 22:813–820.
- Panneton, B. and Piche, M. 2004. Interaction between application volume, airflow, and spray quality in Air-Asisted spraying. *Transactions of the ASAE*, 48(1): 37-44.
- Pérez, A., Puche, M. 2003. La temperatura como herramienta de predicción agroclimatológica aplicada a la producción de frutales. Disponible en: www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n3/texto/mazkue.htm. Visitado por última vez 17 de marzo del 2011.
- Pergher, G., Zucchiatti, N. y Gubiani, R. 1998. Influence of Spray Application Parameters on Deposition in an Asparagus Crop. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73:19-28.
- Razuri, V. 1987 “Insectos de la papa”, in *El cultivo de papa con énfasis en producción de semilla*, Egúsqiza, R. Ed. Programa de investigaciones y proyección social en papa. UNALM. Lima, Perú.
- Salyani, M.; Hoffinarm, W.C. 1996. Air and spray distribution from an air-carrier sprayer. *Applied Engineering in Agriculture*, 12 (5): 539-545.
- Salyani, M.; Whitney, J.D. 1988. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. *TRANSACTIONS of the ASAE*, 31(2): 390-395.
- Sánchez, R. C. 2003. *Cultivo y comercialización de la papa*. Ediciones Ripalme. Lima, Perú, pp. 135.

- Torres, H. 2002. Manual de las enfermedades más importantes de la papa en el Perú. Centro internacional de la Papa. Lima-Perú, pp. 59.
- Travis, J.W.; Stilton, T.B.; Skroch, W.A. 1985. A Technique for Determining the Deposition of Heavy Metals in Pesticides. *Phytopathology*, 75:783-785.
- Vanella, G.; Salyani, M.; Balsari, P. 2013. Spray interactions with a windbreak netting used in orchard applications. *Crop Protection*, 44: 95-103.
- Vásquez-Castro, J.; Ancco, A.; Lara, L.; La Torre, B. 2009. Influencia de los parámetros de aplicación sobre la deposición de pesticidas en el cultivo del espárrago. LI Convención Nacional de Entomología. Lima-Perú, pp. 85.
- Villalba, J.; Hetz, E. 2010. “Deriva de productos agroquímicos – Efecto de las condiciones ambientales”. pp. 46-52, in *Tecnología de aplicación de agroquímicos*. Magdalena, J.C.; Castillo, H. B.; Di Prinzio, A.; Homer, B. I.; Villalba, J. Eds. Área de comunicaciones del INTA. Alto Valle. Argentina, pp. 195.
- Voll, C., Vásquez-Castro, J., Gadanha Jr., C. y Lino, P. 2006. Distribución volumétrica de la boquilla de pulverización XR11003. *Revista Peruana de Entomología*, 45: 95-99.
- Wang L.; Zhang, N.; Slocombe, J.W.; Thierstein, G. E.; Kuhlman, D.K. 1994. Experimental analysis of spray distribution pattern uniformity for agricultural nozzles. *Applied Engineering in Agriculture*, 11 (1): 51-55.
- Zhu, H.; Rowland, D.L.; Dorner, J.W.; Derksen, R.C.; Sorensen, R.B. 2002. Influence of plant structure, orifice size, and nozzle inclination on spray penetration into peanut canopy. *Transactions of the ASAE*, 45 (5): 1295-1301.

8 ANEXO

ANEXO 1: Temperaturas del ambiente, humedad relativa y velocidad del viento tomadas en cada tratamiento. Fundo Don German ubicado en la localidad de Cuiva. Julio-Agosto 2012. Cañete –Perú.

Tratamiento	Repetición	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad del Viento (m/s)	Fecha
I	1	15.6	93	0.9	03/07/2012
	2	15.6	93	0.9	
	3	15.6	93	0.9	
	4	15.6	93	0.9	
II	1	15.6	92	0.9	03/07/2012
	2	15.6	92	0.9	
	3	15.5	92	0.9	
	4	15.5	92	0.9	
III	1	15.5	93	0.9	03/07/2012
	2	15.5	93	0.9	
	3	15.5	93	0.9	
	4	15.5	93	0.9	
IV	1	19.2	75	2.2	17/08/2012
	2	19.2	75	2.2	
	3	19.2	75	2.2	
	4	19	75	2.7	
V	1	19	75	2.7	17/08/2012
	2	19	75	2.7	
	3	19	74	2.2	
	4	19	74	2.2	
VI	1	19.1	74	1.8	17/08/2012
	2	19.1	74	1.8	
	3	19.4	71	1.8	
	4	19.4	71	1.8	

ANEXO 2: Temperatura y humedad relativa de Cañete (Fdo. Don German) correspondiente al 2012.

Temperatura Máxima

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
2012	28.7	28	29.3	27.7	26.5	24.5	23.2	21.8	22.4	22.9	22.7	25.1

Temperatura Mínima

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
2012	17.6	18.2	19.2	17.6	16.3	15.2	13.9	13.1	13.5	13.6	14.1	15.5

Humedad Relativa

Año	Humedad Relativa (%)
2012	89.24

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENAMHI).

ANEXO 3: Datos de la calibración de las boquillas con el pulverizador.

CALIBRACIÓN DEL PULVERIZADOR

Boquilla: JA2.

Número de boquillas: 24.

Longitud de la barra: 12 m.

Tipo de chorro: Cono vacío.

Ángulo: 80°.

Material: Alúmina sintetizada.

Primer estado fenológico

Presión de trabajo: 10.34 Bares ó 150 PSI.

Caudal promedio de boquilla: 0.959 L/m.

Caudal del pulverizador: 23.018 L/m.

Velocidad del pulverizador: 3.8 km/h.

Volumen de aplicación: 302 L.

Rotación del motor (RPM): 1800.

Marcha del tractor: 4^{ta} baja.

Segundo estado fenológico

Presión de trabajo: 10.34 Bares ó 150 PSI.

Caudal promedio de boquilla: 0.945 L/m.

Caudal del pulverizador: 22.681 L/m.

Velocidad del pulverizador: 1.9 km/h.

Volumen de aplicación: 597 L.

Rotación del motor (RPM): 1800.

Marcha del tractor: 1^{ra} baja.

Boquilla: AXITWIN.

Número de boquillas: 24.

Longitud de la barra: 12 m.

Tipo de chorro: Abanico plano.

Ángulo: 120°.

Material: Cerámica.

Primer estado fenológico

Presión de trabajo: 2.07 Bares ó 30 PSI.

Caudal promedio de boquilla: 0.932 L/m.

Caudal del pulverizador: 22.362 L/m.

Velocidad del pulverizador: 3.7 km/h.

Volumen de aplicación: 302 L.

Rotación del motor (RPM): 1800.

Marcha del tractor: 4^{ta} baja.

Segundo estado fenológico

Presión de trabajo: 2.07 Bares ó 30 PSI.

Caudal promedio de boquilla: 0.936 L/m.

Caudal del pulverizador: 22.462 L/m.

Velocidad del pulverizador: 1.9 km/h.

Volumen de aplicación: 591 L.

Rotación del motor (RPM): 1800.

Marcha del tractor: 1^{ra} baja.

Boquilla: MAG2.

Número de boquillas: 24.

Longitud de la barra: 12 m.

Tipo de chorro: Cono vacío.

Ángulo: 80°.

Material: Alúmina.

Primer estado fenológico

Presión de trabajo: 10.34 Bares ó 150 PSI.

Caudal promedio de boquilla: 1.044 L/m.

Caudal del pulverizador: 25.067 L/m.

Velocidad del pulverizador: 4.1 km/h.

Volumen de aplicación: 305 L.

Rotación del motor (RPM): 2000.

Marcha del tractor: 4^{ta} baja.

Segundo estado fenológico

Presión de trabajo: 10.34 Bares ó 150 PSI.

Caudal promedio de boquilla: 1.009 L/m.

Caudal del pulverizador: 24.208 L/m.

Velocidad del pulverizador: 2 km/h.

Volumen de aplicación: 605 L.

Rotación del motor (RPM): 1800.

Marcha del tractor: 1^{ra} baja.

ANEXO 4: Cálculo de volumen de aplicación.

Q: Volumen de aplicación, L.ha-1.

q: Caudal de la barra pulverizadora (suma de boquillas), L.min-1.

V: Velocidad de tractor km.h-1.

E: Longitud de la barra en metros.

Constante: 600.

$$Q:qx600/VxE$$

Q:

q:L.min-1.

V:km.h-1.

E: 12 m.

ANEXO 5: Registro de la cantidad de Cobre de las muestras obtenidas en el laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Plantas de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Estado Fenológico	Boquilla	Repetición	Deposición de Cobre (ppm)	
			Endoderiva	Depósito en planta
1	JA2	1	38.38	24.00
		2	30.20	20.00
		3	29.50	15.00
		4	29.85	23.00
	AXITWIN	1	16.60	25.00
		2	33.05	20.50
		3	26.58	20.00
		4	24.90	15.00
	MAGNO	1	26.95	17.50
		2	23.68	23.50
		3	34.28	20.50
		4	30.43	14.00
2	JA2	1	33.50	40.50
		2	34.35	23.00
		3	33.08	44.00
		4	33.55	37.00
	AXITWIN	1	27.75	33.50
		2	30.90	27.00
		3	28.93	33.00
		4	29.98	42.50
	MAGNO	1	28.80	40.50
		2	34.68	40.00
		3	31.03	45.50
		4	32.95	40.50

ANEXO 6: Descripción de las características del tractor.

Marca: Jhon Deere.

Modelo: 2140.

Marca del motor: Jhon Deere.

Potencia: 82 hp.

Sistema de enfriamiento: Agua.

Número de velocidades: 8 (1-2-3-4 altas, 1-2-3-4 bajas).

Transmisión: Manual.

Tamaño de aro de llanta delantera: 16 pul.

Tamaño de aro de llanta trasera: 38 pul.

Sistema eléctrico: Alternador.

Diseño: Hidráulico.

ANEXO 7: Características del pulverizador montado, marca SERMI.

Modelo FS-12-600.

Peso 450 kg.

Potencia min. 50 Hp.

Chasis pintado con pintura epoxica.

Tanque:

Capacidad 600 Lts.

Material de fibra de vidrio.

Agitador hidráulico.

Llenador hidroeyector tipo Venturi con 6 m. de manguera de 40 mm.

Filtro:

Filtro de succión, con válvula tipo check para limpieza.

Filtros de línea de fácil limpieza.

Bomba:

Comet de membrana APS 121

Capacidad de rociado 115 l/min.

Presión de trabajo 50 Bar/725 PSI

Manómetro:

Modelo de escala extendida en baño de glicerina con protección de goma.

Comando:

Alfa marca Geoline.

Distancia entre boquillas 50 cm.

Barras:

Largo 12 m. galvanizado al caliente con sistema de protección contra impacto con resortes, levante por poleas a posición vertical.

24 porta boquillas con válvula anti goteo marca Geoline y mangueras de 13 mm.

Fuente: Catálogo de fabricación implementos agrícolas 2011-2012 SERMI.

ANEXO 8: Calculo del área foliar.

Primer estado fenológico

PAPA 1	peso 25 cuadrados	0.267	gramos
	total de hojas + bolsa	30.7	gramos
	bolsa 1	18.65	gramos
	total de hojas	12.317	gramos
	área de 25 cuadrados	1	dm ²
	área foliar	46.131	dm ²

PAPA 2	peso 25 cuadrados	0.277	gramos
	total de hojas + bolsa	34.372	gramos
	bolsa 2	18.758	gramos
	total de hojas	15.891	gramos
	área de 25 cuadrados	1	dm ²
	área foliar	57.368	dm ²

Total: 103.499 dm²

Promedio: 51.7495 dm²

Segundo estado fenológico

PAPA 1	peso 25 cuadrados	0.277	gramos
	total de hojas + bolsa	42.67	gramos
	bolsa 1	19.161	gramos
	total de hojas	23.509	gramos
	área de 25 cuadrados	1	dm ²
	área foliar	84.87	dm ²

PAPA 2	peso 25 cuadrados	0.27	gramos
	total de hojas + bolsa	37.071	gramos
	bolsa 2	18.163	gramos
	total de hojas	18.908	gramos
	área de 25 cuadrados	1	dm ²
	área foliar	70.03	dm ²

Total: 154.9 dm²

Promedio: 77.45 dm²

Densidad	Primer estadio	Segundo estadio
44444 plantas/ha	22999.5478 m ²	34422 m ²