



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional**

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"**  
**FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



***TESIS***

***PARA OPTAR EL TÍTULO DE:***

**QUÍMICO FARMACÉUTICO**

**RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ANTICOLINESTERÁSICOS  
EN INFLORESCENCIAS DE *Cynara scolymus* L. (ALCACHOFA)  
COMERCIALIZADAS EN MERCADOS  
DEL DISTRITO DE ICA**

**AUTORA:**

**BACH. MONTES TABOADA DORIS LIZBETH**

**ICA - PERÚ**

**2020**

*Al Dios Padre Todopoderoso que me guió  
y fortaleció en el largo camino de mi  
formación profesional.*

*A mis padres y hermanos y cada miembro  
de mi familia por el apoyo incesante que  
me brindaron para alcanzar el propósito  
de mi vida presente.*

*Bach. Doris Lizbeth Montes Taboada*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis queridos asesores:

Dra. Q.F. América Soto Cárdenas y Dr. Q.F. Javier Chávez Espinoza, por impartirme sus conocimientos y brindarme el apoyo a lo largo de la ejecución del trabajo de investigación.

Un agradecimiento muy especial al Perito Mag. Q.F. Manuel Hernández Aguilar<sup>†</sup> quien sin conocerme me brindó desinteresadamente su apoyo en la realización del presente trabajo y representa para mí un ejemplo de vida, por la calidez y el desprendimiento que me mostró.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	x
<b>CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>12</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	14
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES	15
<b>CAPITULO II: BASES TEÓRICAS</b>	<b>17</b>
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.2. MARCO TEÓRICO	30
2.2.1 Alcachofa ( <i>Cynara scolymus</i> L.)	30
2.2.2 Plaguicidas	44
2.2.3 Plaguicidas anticolinesterásicos	53
2.3. MARCO CONCEPTUAL	56

<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA</b>	59
3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	59
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	59
3.3 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	60
A) Recopilación de información para la selección de los Plaguicidas empleados para el cultivo de alcachofa	60
B) Etapa preanalítica	60
C) Determinación cualitativa por Cromatografía en Capa Fina (CCF)	61
D) Determinación cuantitativa por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (CLAR)	65
3.4 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	65
3.5 ASPECTOS ÉTICOS	65
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	66
4.1. RESULTADOS GENERALES DEL ANÁLISIS CUALITATIVO POR CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA (CCF)	66
4.2. DISCUSIÓN	72
<b>CONCLUSIONES</b>	78
<b>RECOMENDACIONES</b>	78
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	79
<b>ANEXOS</b>	86

## RESUMEN

**Introducción:** Las frutas y vegetales han sido reconocidos como la principal fuente de exposición de residuos de plaguicidas en consumidores, y dado que frecuentemente son consumidos crudos o semiprosesados se espera que posean niveles de residuos más elevados que otros grupos de alimentos de origen vegetal <sup>(1)</sup>. Entre las técnicas disponibles para su análisis cualitativo y semicuantitativo se encuentra la cromatografía en capa fina (CCF), de gran utilidad por su rapidez, sencillez y confiabilidad; y para el análisis cuantitativo las técnicas más sensibles y selectivas son la cromatografía de gases (CG) y la cromatografía líquida de alta resolución (CLAR) <sup>(2)</sup>.

**Material y métodos:** Se realizó un estudio descriptivo, transversal y prospectivo, con el objetivo de determinar la presencia o ausencia de residuos de cuatro plaguicidas anticolinesterásicos (Clorpirifos, Diclorvos, Carbendazim y Metomilo) en 16 muestras de inflorescencia fresca de alcachofa (*Cynara scolymus L.*) expandidas en mercados del distrito de Ica. Para la extracción del plaguicida, las muestras fueron sometidas a calentamiento en solución ácida durante 24 horas, y luego el filtrado acuoso obtenido se sometió a una extracción con éter etílico por dos veces, para finalmente concentrar a sequedad a la fase etérea. En el análisis cualitativo por CCF, se utilizaron como solventes para la elución de organofosforados el acetato de etilo y para los carbamatos el sistema acetona-metanol-agua (1:1:1). Para el revelado de organofosforados se utilizaron dos reactivos, el cloruro de paladio 0.1% y el cloruro férrico 0.05%, y para los carbamatos, el verde brillante al 0.5% y el Fast blue.

**Resultados:** Se encontró que todas las muestras dieron negativo a los reveladores utilizados, es decir, no se identificaron residuos de los plaguicidas anticolinesterásicos Clorpirifos, Diclorvos, Carbendazim y Metomilo. Estos resultados descartaron la realización del análisis cuantitativo por cromatografía líquida de alta resolución (CLAR).

**Conclusiones:** Las 16 muestras de inflorescencia fresca de alcachofa (*Cynara scolymus L.*) no presentaron residuos de los plaguicidas organofosforados Clorpirifos y Diclorvos, ni de los carbamatos Carbendazim y Metomilo, al análisis cualitativo por Cromatografía de Capa Fina (CCF). Sin embargo, no puede descartarse la posibilidad de que los plaguicidas estén presentes a niveles no detectables por la técnica, o que puedan estar presentes residuos de otros plaguicidas utilizados en el control de plagas de la alcachofa, permitidos o no. La no presencia de residuos de plaguicidas anticolinesterásicos en muestras de alcachofa tomadas de cuatro mercados del distrito de Ica confirma reportes de monitoreo anual que realiza el Servicio Nacional de Sanidad Agraria a muestras control de campo, mercado y empacadoras.

**Palabras clave:** alcachofa, residuos de plaguicidas, contaminación química, cromatografía de capa fina

## ABSTRACT

**Introduction:** Fruits and vegetables have been recognized as the main source of pesticide residue exposure in consumers, and since they are frequently consumed raw or semi-processed, they are expected to have higher residue levels than other groups of plant-based foods <sup>(1)</sup>. Among the techniques available for its qualitative and semi-quantitative analysis is thin layer chromatography (TLC), very useful due to its speed, simplicity and reliability; and for quantitative analysis the most sensitive and selective techniques are gas chromatography (GC) and high-performance liquid chromatography (HPLC) <sup>(2)</sup>.

**Material and methods:** A descriptive, cross-sectional and prospective study was carried out, with the objective of determining the presence or absence of residues of four anticholinesterase pesticides (Chlorpyrifos, Dichlorvos, Carbendazim and Metomil) in 16 samples of fresh inflorescence of artichoke (*Cynara scolymus* L.) sold in markets in the district of Ica. For the extraction of the pesticide, the samples were subjected to heating in acidic solution for 24 hours, and then the aqueous filtrate obtained was subjected to an extraction with ethyl ether for two times, to finally concentrate the ethereal phase to dryness. In the qualitative analysis by TLC, ethyl acetate was used as solvents for the elution of organophosphates and the acetone-methanol-water system (1:1:1) for the carbamates. For the development of organophosphates, two reagents were used, palladium chloride 0.1% and ferric chloride 0.05%, and for carbamates, bright green 0.5% and Fast blue.

**Results:** It was found that all the samples were negative for the developers used, that is, no residues of the anticholinesterase pesticides Chlorpyrifos, Dichlorvos, Carbendazim and Metomil were identified. These results ruled out the performance of quantitative analysis by high performance liquid chromatography (HPLC).

**Conclusions:** The 16 samples of fresh inflorescence of artichoke (*Cynara scolymus L.*) did not present residues of the organophosphate pesticides Chlorpyrifos and Dichlorvos, nor of the carbamates Carbendazim and Metomil, to the qualitative analysis by Thin Layer Chromatography (TLC). However, the possibility cannot be ruled out that pesticides are present at levels not detectable by the technique, or that residues of other pesticides used in the control of artichoke pests, permitted or not, may be present. The absence of anticholinesterase pesticide residues in artichoke samples taken from four markets in the district of Ica confirms annual monitoring reports carried out by the National Agrarian Health Service to field, market and packinghouse control samples.

**Keywords:** artichoke, pesticide residue, chemical contamination, thin-layer chromatography

## INTRODUCCIÓN

El empleo generalizado de los plaguicidas en la agricultura puede llegar a producir impactos en el ambiente y la salud humana, tanto por exposición directa como a través de sus residuos en alimentos o en aguas potables. Entre estas sustancias destacan, los plaguicidas anticolinesterásicos, una serie de compuestos orgánicos derivados del ácido fosfórico y del ácido N-metil carbámico, utilizados ampliamente en el control y/o destrucción de las plagas que atacan los cultivos o de los insectos que actúan como vectores de enfermedades humanas y animales. Los efectos que sobre la salud humana pueden ocasionar están supeditados a la duración de la exposición y la dosis, de tal forma que pueden generar eventos tóxicos agudos, intoxicaciones crónicas y en algunos casos secuelas neurológicas <sup>(3)</sup>.

La presencia de plaguicidas anticolinesterásicos en diferentes tipos de alimentos es incuestionable y ha sido evidenciada por diversos estudios en muestras de frutas y hortalizas. A razón de ello, es una política ambiental el realizar controles periódicos de su presencia a fin de detectar si sobrepasan los valores límite aceptados internacionalmente <sup>(4)</sup>.

El Perú es un país agroexportador, proveedor de diversas especies a nivel mundial, destacando dentro del rubro una amplia variedad de hortalizas, entre la que se encuentra la alcachofa. Gran parte de la producción de esta hortaliza está dirigida a la exportación, pues tiene una baja demanda del poblador peruano. Junto al esparrago es una de las hortalizas más apreciadas por la gastronomía estadounidense, francesa y española, siendo considerada una especialidad en los mejores restaurantes europeos <sup>(5)</sup>.

El cultivo de alcachofa en el Perú es considerado como no tradicional, siendo las principales zonas de producción las regiones de La Libertad, Junín, Ica, Arequipa, Lima, Ancash, y Apurímac. En la Región Ica, es precisamente un producto emblemático de agroexportación, por lo que tradicionalmente es uno de los cultivos bajo control químico de plagas <sup>(6)</sup>.

A razón de ello, el objetivo del presente estudio fue determinar la presencia de plaguicidas anticolinesterásicos, mediante una técnica sencilla, sensible y asequible, la cromatografía en capa fina, para su posterior cuantificación de las muestras positivas, por una técnica más compleja y sensible, la Cromatografía Líquida de Alta Resolución (CLAR). Entre los plaguicidas anticolinesterásicos que se buscaron detectar y cuantificar se encuentran el Carbofuran, el Clorpirifos, el Diclorvos y el Metomilo, cuatro de los agentes recomendados para el control de plagas de la alcachofa en nuestro país. Asimismo, como complemento, se buscó rescatar y propiciar el consumo de esta hortaliza, dadas sus propiedades culinarias y beneficios para la salud, los cuales son reconocidos dentro del modelo de alimentación saludable a nivel mundial.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA:

En la actualidad el uso de los plaguicidas sigue constituyendo un peligro de suma importancia en Salud Pública; pues su uso inadecuado puede traer consigo impactos en la salud humana, tal es el caso, por la aparición de eventos agudos de intoxicación, afecciones crónicas, e incluso la muerte. Las Naciones Unidas, considerando que la tasa de intoxicación en los países en desarrollo podría ser 13 veces mayor que en los países industrializados, declaró a los plaguicidas como uno de los mayores problemas en el ámbito mundial <sup>(1)</sup>. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), anualmente, 50000 niños menores de 14 años mueren debido a intoxicaciones agudas; asimismo, otros reportes científicos muestran que la exposición crónica a los plaguicidas anticolinesterásicos sea a través de los alimentos o el ambiente laboral, afectan el sistema nervioso <sup>(7)</sup>.

La exposición de los alimentos por los plaguicidas, a diferencia de otros xenobióticos, ocurre bajo condiciones controladas siempre y cuando se sigan las buenas prácticas agrícolas, las cuales garantizan el control efectivo y real de las plagas, y a su vez los residuos que permanecen en el ambiente no producen efectos colaterales. Sin embargo, cuando no se siguen estas condiciones se presentan efectos perjudiciales para el ambiente y el hombre. Es el caso, por ejemplo, del estudio realizado por la

Environmental Work Group que detectó plaguicidas anticolinesterásicos en las provisiones alimenticias de los Estados Unidos: el 13% de las manzanas, el 7% de las peras y el 5% de las uvas, en concentraciones inseguras. También se encontró que todos los días, el 90% de los niños americanos menores de 5 años, son expuestos a combinaciones de 13 insecticidas anticolinesterásicos neurotóxicos en los alimentos que consumen <sup>(8)</sup>.

Como consecuencia de los riesgos sanitarios y ambientales asociados al uso de plaguicidas, surgió en los años 60 el control de residuos de plaguicidas en alimentos, y es precisamente, desde entonces que, a nivel mundial, se han implementado programas de vigilancia y monitoreo de los niveles residuales de plaguicidas en alimentos y en muestras del medio ambiente. Al respecto, en el Perú, es el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) el organismo encargado de la vigilancia sanitaria de los alimentos agropecuarios primarios destinados al consumo humano y piensos, según lo establecido en el Reglamento de Inocuidad Agroalimentaria <sup>(9)</sup>. A pesar de ello, por diversos factores todavía persiste el problema de la presencia de residuos de estas sustancias tóxicas en los productos agrícolas crudos no elaborados y los productos alimenticios elaborados que se está dando en proporciones desconocidas, de ahí el interés de contribuir a través del presente estudio en evaluar el peligro por la presencia de residuos de plaguicidas anticolinesterásicos en muestras de inflorescencias frescas de alcachofa para consumo humano en la provincia de Ica.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:**

¿Existen residuos de plaguicidas anticolinesterásicos en inflorescencias de *Cynara scolimus* L. (Alcachofa) comercializadas en mercados del Distrito de Ica?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA:**

El presente trabajo de investigación queda justificado porque aporta al conocimiento científico en el aspecto del riesgo de exposición y afectación de la salud humana por presencia de residuos de plaguicidas en productos agroalimentarios en el distrito de Ica.

Su importancia, por tanto, radica en que contribuye a un mejor conocimiento del grado de exposición humana a plaguicidas peligrosos en el distrito de Ica, por cuanto su consumo puede provocar efectos tóxicos a largo plazo. Por tanto, aporta a la vigilancia epidemiológica de la presencia de agentes químicos peligrosos en cultivos destinados al consumo humano, dado los problemas que acarrea en la comercialización del producto, cuando los residuos superan los límites máximos permitidos.

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:**

### **1.4.1. Objetivo General:**

- Determinar residuos de cuatro plaguicidas anticolinesterásicos (Carbofuran, Clorpirifos, Diclorvos, Metomilo) en inflorescencias de *Cynara scolimus* L. (Alcachofa) que se expenden en mercados del Distrito de Ica.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos:**

- Recolectar y seleccionar inflorescencias de *Cynara scolymus L.* (Alcachofa) que se expenden en mercados del distrito de Ica.
- Extraer residuos de plaguicidas anticolinesterásicos (Carbofuran, Clorpirifos, Diclorvos, Metomilo) en inflorescencias de *Cynara scolymus L.* (Alcachofa) por el método de extracción ácida.
- Detectar residuos de plaguicidas anticolinesterásicos en inflorescencias de *Cynara scolymus L.* (Alcachofa) por cromatografía en capa fina (CCF).
- Determinar la concentración de residuos de plaguicidas anticolinesterásicos detectados en inflorescencias de *Cynara scolymus L.* (Alcachofa) por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (CLAR).
- Evaluar si las concentraciones detectadas de los residuos de plaguicidas anticolinesterásicos se encuentran dentro de los Límites Máximos Residuales (LMR) establecidos por normativa nacional e internacional (Codex Alimentarius).

#### **1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES:**

##### **1.5.1. Hipótesis:**

Existen residuos de plaguicidas anticolinesterásicos en inflorescencias de *Cynara scolymus L.* (Alcachofa) comercializadas en mercados del Distrito de Ica

### 1.5.2. Variables:

- Variable independiente:

Inflorescencias de *Cynara scolymus* L. (Alcachofa).

- Variable dependiente:

Residuos de plaguicidas anticolinesterásicos.

## CAPÍTULO II

### BASES TEÓRICAS

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:

##### A) ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

**Cabras P, y colab (1996)**, realizaron el estudio titulado “*Residuos de plaguicidas en alcachofas: efecto de la diferente forma de la cabezuela*”, con el objetivo de detectar residuos de tres plaguicidas organofosforados (dimetoato, paratión y clorpirifos) en dos cultivares de alcachofa, “Masedu” y “Spinoso sardo”. La metodología incluyó cortar cada cabezuela por la mitad y separar las partes comestibles de las no comestibles, y cada parte se trituró y pulverizó por separado para calcular el porcentaje de contribución al peso. De esta manera, se obtuvo dos muestras analíticas diferentes: una completa y otra sólo la parte comestible. Para la extracción se pesó una alícuota de 10 g de muestra homogeneizada y se le añadieron 4 g de cloruro de sodio y 20 mL de una mezcla acetona/éter de petróleo (1:1, v/v) que contenía trifenilfosfato como estándar interno y se agitó durante 15 min. Se separó la fase orgánica y se vertió en otro matraz que contenía 2 g de sulfato de sodio anhidro; luego se inyectó para el análisis en un cromatógrafo de gases con detector nitrógeno-fósforo (NPD). Como resultados, se determinó que la cantidad de residuos del plaguicida en las alcachofas se vio muy afectada por la forma de la cabezuela, pues en la variedad “Masedu” con forma de cáliz, los residuos

se encontraron en una concentración promedio aproximadamente dos veces mayor que la variedad “Spinoso sardo” en forma de pagoda. En el corazón (parte comestible), esta proporción fue de 4 a 42 veces mayor. Las tasas de descomposición de los residuos fueron muy rápidas, principalmente debido al efecto de “dilución” debido al crecimiento de la cabezuela <sup>(10)</sup>.

**Kumari B y colab. (2003)**, realizaron el estudio titulado “*Magnitud de la contaminación por pesticidas en vegetales de invierno de Hisar, Haryana*”, con el objetivo de evaluar la contaminación por plaguicidas en 80 muestras de vegetales de invierno (col, coliflor, granos de guisantes, tomate, y papa) en un estado de la India. La metodología incluyó extraer los plaguicidas con acetato de etilo e identificarlos mediante cromatografía de gases con detectores de captura de electrones (GC-ECD) y nitrógeno-fósforo (GC-NPD). Todas las muestras contenían residuos de plaguicidas, en especial organofosforados, y de estas el 32% presentaron niveles superiores a los límites máximos permisibles <sup>(11)</sup>.

**Chavarri MJ, Herrera A, y Ariño A (2004)**, en su estudio titulado “*Residuos de plaguicidas en frutas y verduras pulverizadas y procesadas*”, evaluaron la presencia de residuos de seis insecticidas (organofosforados, piretroides, y organoclorados) y cuatro fungicidas (ditiocarbamatos) en productos agrícolas (alcachofas, tomates, pimientos rojos, espárragos, espinacas y duraznos) después de la cosecha y en productos procesados para estudiar el efecto del procesamiento posterior sobre los residuos. Los plaguicidas se analizaron por extracción con acetato de etilo, seguido de

la purificación por cromatografía de permeación en gel. La muestra (50 g) se mezcló con 150 mL de acetato de etilo y 40 g de sulfato de sodio anhidro. Los extractos combinados se concentraron hasta sequedad usando un evaporador rotatorio al vacío, siendo redisueltos en 10 mL de acetato de etilo-ciclohexano (1:1 v/v), y filtrados a través de un filtro de membrana de 0,45 µm. Como resultados, al análisis por cromatografía de gases con detector de captura de electrones (GC-ECD) para piretroides y detector nitrógeno-fósforo (NPD) para organofosforados y organoclorados, y por espectrofotometría UV-Vis para ditiocarbamatos, se detectaron residuos muy por debajo de los niveles máximos permisibles, excepto el lindano en tomates y el acefato en alcachofas. Concluyeron que, el procesamiento comercial condujo a grandes reducciones en los niveles de residuos en los productos terminados: el lavado eliminó los residuos de lindano, clorpirifos y cipermetrina de los tomates; el asado redujo en un 67% los residuos de clorpirifos en los pimientos y el pelado posterior eliminó todos los restos; el pelado y blanqueado de los espárragos redujo las concentraciones de clorpirifos a niveles indetectables; y el escaldado de las alcachofas eliminó el acefato y el clorpirifos. El acefato en los duraznos resistió los sucesivos pasos de procesamiento hasta el proceso final de calor que destruyó los residuos restantes <sup>(12)</sup>.

**Liu Y, y colab. (2005)**, en su estudio titulado *“Determinación simultánea de plaguicidas carbamatos y organofosforados en frutas y verduras por cromatografía líquida-espectrometría de masas”*, analizaron 25 muestras (zanahoria, papa, lechuga, frijol, repollo, espinaca, cebolla, berenjena,

calabaza, pepino, tomate, manzana, melón, durazno), recolectadas de los mercados y supermercados de ciudades chinas. Para la extracción, se disolvieron 10 g de cada muestra en 10 mL de acetonitrilo y se homogeneizaron durante 1 minuto. El extracto se centrifugó a 3000 rpm durante 10 minutos y se transfirió 1 mL de sobrenadante en acetonitrilo a un tubo de microcentrífuga que contenía 50 mg de absorbente de aminas primarias secundarias (PSA) y 100 mg de MgSO<sub>4</sub> anhidro. La muestra se transfirió luego al vial de la muestra y se sometió a análisis mediante cromatografía líquida-masas. Como resultados, encontraron que más del 30% de las muestras contenían residuos de uno a más plaguicidas, excepto para el carbarilo, baycarb, methiocarb, piraclofos y etrimfos. Entre todas las muestras, solo se encontró que las muestras de papa contenían 10 pesticidas diferentes dentro de los valores de límites máximos permisibles <sup>(13)</sup>.

**Soto JJ (2007)**, realizó el estudio titulado *“Nuevas aportaciones al análisis de residuos de plaguicidas y antibióticos en aguas y alimentos”* con el objetivo de aportar nuevos métodos de análisis en la determinación de xenobióticos. Como resultados propone métodos validados para la cuantificación de residuos de plaguicidas mediante cromatografía líquida de alta resolución y electroforesis capilar, aplicando la detección por quimioluminiscencia en sistemas de flujo, UV/Vis y espectrometría de masas. Destaca a la extracción en fase sólida (SPE) como el sistema ideal para la preparación de muestra antes de su análisis por cromatografía, radioinmunoensayo, y otras técnicas analíticas <sup>(14)</sup>.

**García J (2008)**, realizó el estudio titulado *“Análisis y determinación de residuos de plaguicidas organofosforados en plátano (Musa cabendishi) cultivado en el Estado de Colima”* con el objetivo de detectar plaguicidas organofosforados (clorpirifos, metilclorpirifos, metilparatió, diazinón, metamidofos y malatió) por cromatografía de capa fina y cuantificarlos mediante cromatografía de gases. La extracción se realizó licuando 10 g de muestra previamente homogeneizada, a alta velocidad con 20 mL de acetona, 40 mL de solución diclorometano/éter de petróleo (1:1) y 40 mL de acetato de etilo. Como resultado de analizar 60 muestras de plátano, se encontró que el 58.3% resultaron positivas a diazinon, metilclorpirifos y clorpirifos, y de estos el 37% contenían residuos de metilclorpirifos y diazinon por encima del límite máximo permisible. Concluye que si bien el método aplicado fue confiable y específico tuvo el inconveniente de requerir un elevado consumo de solventes orgánicos y los tiempos de extracción fueron largos; por lo que recomienda emplear nuevas técnicas basadas en la extracción a elevadas temperaturas y/o presión o métodos de dispersión en fase sólida <sup>(15)</sup>.

**Quintero y colab. (2008)** realizaron el estudio titulado *“Monitoreo de residuos de plaguicidas organofosforados en vegetales de un área agrícola en Venezuela”* con el objetivo de determinar residuos de clorpirifos, diazinón, metamidofos y malatió en papa, tomate, cebolla, pimienta y lechuga. Las muestras se cortaron finamente en un procesador de alimentos y se usó acetato de etilo/acetona (9:1) para la extracción. Se añadieron 5 g de sulfato de sodio a la mezcla y se dejó durante 10

minutos hasta que la fase orgánica se separó de los disolventes. La solución se concentró a 2 mL; se tomó 1 mL y se enriqueció con el estándar interno (fosfato de trifenilo) y se inyectó en un el cromatógrafo de gases con detector nitrógeno-fósforo (GC-NPD) para la cuantificación. Encontraron que el 48.0% de las muestras contenían residuos de uno o más pesticidas. Se detectó metamidofos en todas las verduras analizadas, diazinón en cebolla (12.5%), clorpirifos en tomate (12.5%), y malatión en pimiento (31.3%), y de todas las muestras analizadas, el 16.7% tenían residuos superiores a los límites máximos permisibles <sup>(16)</sup>.

**Darko y Akoto (2008)**, realizaron el estudio titulado *“Ingesta dietética de residuos de plaguicidas organofosforados a través de vegetales de Kumasi, Ghana”*, con el objetivo de evaluar la ingesta de residuos de los plaguicidas clorpirifos, diclorvos, dimetoato, malatión, monocrotofos, ometioato, metilparatión y etilparatión a través de vegetales (tomates, berenjenas y pimienta). Se extrajeron 2 g de cada muestra vegetal homogeneizada con 5 mL de acetonitrilo. La capa de disolvente se retiró y se centrifugó durante 2 minutos a 3000 rpm. El extracto se concentró a 2 mL usando un evaporador rotatorio a 30 °C. El estándar interno se añadió al extracto y se completó hasta 2 mL con acetonitrilo y se inyectó en GC-FPD. El residuo de clorpirifos tuvo un promedio de 0.211 ppm en 42% de las muestras de tomate, 0.096 ppm en 10% de berenjena y 0.021 ppm en 16% de pimienta, mientras que el pesticida diclorvos se detectó en el 100% de las muestras analizadas. El malatión excedió el límite máximo permisible (0.1 ppm) en tomates (0.120 ppm) y pimienta (0.143 ppm) <sup>(17)</sup>.

**Knezevic Z y Serdar M (2009)**, en el estudio titulado “*Detección de residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas frescas en mercados croatas*”, analizaron 106 muestras de frutas (naranja, manzana, durazno, pomelo y pera) y 134 muestras de vegetales (lechuga, tomate, repollo, cebolla, papa y puerro) recolectadas en supermercados y mercados de cuatro ciudades croatas. Las muestras se extrajeron con agua, acetona y ciclohexano/acetato de etilo. Se añadió la misma cantidad de agua seguida de 100 mL de acetona a 50 g de muestras homogeneizadas. La solución se homogeneizó durante 2 minutos. Se añadieron cloruro de sodio (17.5 g) y 50 mL de mezcla de ciclohexano/acetato de etilo (1:1, v/v) y se homogeneizaron nuevamente durante 1 minuto. La fase orgánica superior (100 mL) se filtró a través de un tapón de lana de vidrio. El filtrado junto con 40 mL de mezcla de ciclohexano/acetato de etilo (1:1, v/v) se concentró a 40 °C. El residuo seco se redisolvió en 7.5 mL de acetato de etilo, y se le agregó 2.5 g de la mezcla de sales ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro + NaCl, 1:1) y 7.5 mL de ciclohexano. La solución se analizó para detectar 100 tipos diferentes de fungicidas, insecticidas, nematocidas, reguladores del crecimiento de plantas y acaricidas mediante cromatografía de gases con detector de masa (GC-EM). Como resultados se encontró que los residuos de plaguicidas estuvieron presentes en el 33.3% de las muestras, y en estas el 25.8% no se sobrepasó los límites máximos permisibles. Los residuos de plaguicidas encontrados con mayor frecuencia fueron el fungicida imazalil y el insecticida clorpirifos, que se encontraron en 35 y 24 muestras, respectivamente <sup>(18)</sup>.

**Machado I (2016)**, realizó el estudio titulado *“Estudio conjunto de trazas de metales y compuestos orgánicos en alcachofa (Cynara scolymus), como insumos para evaluar su calidad nutracéutica e inocuidad alimentaria”*, con el objetivo de determinar mediante cromatografía líquida-masas (LC-MS/MS) el contenido de metales esenciales (Cu, Fe, Ni y Zn) y algunos polifenoles de reconocida capacidad antioxidante, así como residuos de metales pesados (As, Cd y Pb), y los plaguicidas más usados en el control de plagas de alcachofa (98 compuestos, entre ellos triazoles, hidantoínas, organofosforados, carbamatos, y piretroides. Encontró para el caso de los pesticidas, que la mayoría ser encontraba en un rango entre 0,003 y 0,015 ppm, valores menores o iguales a los límites máximos permitidos por la Comunidad Europea <sup>(19)</sup>.

**Simó J (2018)**, realizó el estudio titulado *“Métodos de extracción y determinación de plaguicidas por cromatografía de gases-masas (GC-MS/MS) en muestras de origen vegetal”*, con el objetivo de detectar residuos de 121 plaguicidas en muestras de origen vegetal (tomate, pimienta, lechuga, calabacín, pepino, berenjena, melón, sandía y manzana). La extracción se realizó mediante la metodología QuEChERS, con una relación muestra:acetonitrilo de 1,5:1. Encontró que esta técnica de extracción junto con la GC-MS/MS permiten obtener valores de recuperación dentro del rango 70-120%.

Concluyó que los residuos detectados cumplen con los requisitos legales de los límites máximos residuales establecidos para cada una de estas sustancias activas <sup>(20)</sup>.

### ANTECEDENTES NACIONALES:

**Milla OM y Palomino WR (2002)**, realizaron el estudio titulado “*Niveles de colinesterasa sérica en agricultores de la localidad de Carapongo (Perú) y determinación de residuos de plaguicidas inhibidores de la acetilcolinesterasa en frutas y hortalizas cultivadas*” con el objetivo de determinar el grado de exposición a plaguicidas anticolinesterásicos en agricultores de la localidad de Carapongo y detectar los residuos de plaguicidas en hortalizas y frutas cultivadas. De 134 muestras biológicas, (109 expuestos y 25 no expuestos) se encontró que los valores se encuentran por debajo de los niveles normales de actividad de la colinesterasa sérica (58.89% de los varones y 36,84% de las mujeres) con un nivel promedio de actividad de colinesterasa plasmática de 1596.99 mU/mL. Concluyeron que en las 300 muestras de vegetales analizadas (coliflor, tomate, apio, lechuga, maracuyá) se detectaron: metamidofos (24,7%), clorpirifos (15,3%), metomilo (14,7%) y dimetoato (8,7%), también se encontraron las combinaciones metamidofos/metomilo (11,3%) dimetoato/ metomilo (6,7%), metamidofos/clorpirifos (11,9%), metamidofos/dimetoato (6,7%) <sup>(21)</sup>.

**Aquino MS y Castro CC (2008)**, realizaron el estudio titulado “*Análisis de residuo de plaguicida organofosforado (Methamidophos) en muestras de papa de mercados de Lima Metropolitana*”, con el objetivo de detectar y cuantificar residuos del plaguicida anticolinesterásico Metamidofos, en muestras de papa. El análisis cualitativo se realizó por cromatografía en capa fina (CCF) y la cuantificación por cromatografía líquida de alta

resolución (HPLC). Se detectó Metamidofos en la totalidad de muestras analizadas (100%), de las cuales el 45% sobrepasaron el límite máximo permitido según el Codex Alimentarius (0.05 ppm) <sup>(22)</sup>.

**Campos C y Palacios A (2010)**, en el estudio titulado *“Determinación por HPLC de residuos de insecticida organofosforado (Methamidophos) en tomates comercializados en Lima-Perú”*, analizaron 25 muestras de tomates recolectadas en cinco mercados del departamento de Lima. La detección se realizó por Cromatografía en Capa Fina (CCF) y la cuantificación por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC). Se encontró que el 100% de las muestras analizadas presentaron residuos de Metamidofos con una concentración promedio de 1,04 ppm que excede apenas el límite máximo residual para el Metamidofos en tomates según Codex Alimentarius (1 ppm) <sup>(23)</sup>.

**Velásquez J (2016)**, en el estudio titulado *“Determinación de Plaguicidas Organofosforados en Lechugas comercializadas en Puestos del Mercado Modelo de la Ciudad de Cajamarca, octubre – 2015”*, seleccionó 52 muestras de lechugas tomadas aleatoriamente de puestos del Mercado Modelo de la ciudad de Cajamarca según el Manual de Técnicas para Laboratorio de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), y realizó la determinación cualitativa a través de la cromatografía en capa fina. Halló que del total de muestras el 34 % presentaron residuos de Metamidofos a una concentración  $\geq 0.3$  ppm, sobrepasando el límite máximo permisible establecido por el Codex Alimentarius (0.05 ppm) <sup>(24)</sup>.

**Lizano JV (2016)**, realizó el estudio titulado *“Evaluación química toxicológica de los plaguicidas organofosforados en agricultores, y en uvas y manzanas”*, con el objetivo de detectar la presencia de plaguicidas organofosforados en 20 muestras vegetales procedentes de la provincia de Cañete. La metodología aplicada se basó en el método AOAC 2007.01: Residuos de plaguicidas en alimentos por extracción con acetonitrilo y partición con sulfato de magnesio, conocido comúnmente como método QuEChERS. La extracción se realizó por tratamiento con acetonitrilo en buffer ácido acético-acetato de sodio seguido de una limpieza combinada entre una amina primaria secundaria y sulfato de magnesio, y la determinación analítica se realizó por cromatografía líquida y gaseosa con detector de masas (LC/MS-MS, GC-MS). Como resultados, en ninguna muestra se detectaron residuos de organofosforados, sino de otros plaguicidas: Ciprodenil (fungicida pirimidínico) y Piroclostrobin (fungicida estrobilurínico) en el 100% de las muestras de uva quebranta; y Tebuconazol (fungicida triazólico) y Cipermetrina (insecticida piretroide) en el 50% de las de manzana delicia <sup>(25)</sup>.

**Reynoso JC (2018)**, realizó el estudio titulado *“Alternativa para la determinación de Clorpirifós y Metamidofos por Cromatografía en Capa Fina en suelos”*, con el objetivo de validar una alternativa analítica para cuantificar pesticidas organofosforados en suelos. El modelo planteado utilizó como fase móvil el sistema cloroformo: acetona (4:1) para metamidofos y cloroformo: ciclohexano (3:2) para clorpirifós, y el revelado se realizó con nitrato de plata 0.12 M visualizándose manchas de color

amarillo con un Rf de 0.19 para metamidofos, y de color anaranjado opaco con un Rf de 0.82 para clorpirifós. Como resultados, se comprobó que la cuantificación de los plaguicidas organofosforados es lineal con un coeficiente de correlación lineal  $R^2$  de 0.995. Se halló como límites de detección para clorpirifós y metamidofos: 0.0626 mg y 0.004 mg respectivamente, y como límites de cuantificación 0.1384 mg y 0.093 mg respectivamente. Se obtuvieron porcentajes de recuperación de 93.85 % para clorpirifós y 89.53 % para metamidofos. Concluye que el método es ideal y viable para la cuantificación de clorpirifós y metamidofos en suelos agrícolas <sup>(26)</sup>.

#### ANTECEDENTES LOCALES:

**Buleje MG, Palacios E, Sandoval CA y Coronado H (1994)**, en su estudio titulado "*Análisis toxicológico de residuos de plaguicidas organofosforados en papa y tomates que se expenden en mercados del Cercado de Cañete*" analizaron 50 muestras de papa y 58 de tomate, procediendo a la extracción, previa trituración en licuadora, con la mezcla de solventes hexano: acetona (1:1). La determinación cualitativa se realizó mediante Cromatografía en Capa Fina utilizando el adsorbente Silicagel 60 F254 y como reveladores: verde de bromocresol y azul de bromofenol. Las muestras positivas se cuantificaron mediante el Método de Kjeldahl modificado - Destilación al vacío del grupo amina en medio alcalino, y en el caso del Paratión, mediante espectrofotometría Visible valorando el grupo p-nitrofenol a 405 nm. Como resultados, encontraron

que los residuos de plaguicidas sobrepasaron los límites máximos permisibles, mayormente en muestras de tomate debido a que tiene mayor exposición directa al plaguicida, y porque no se toma en cuenta la dosis ni el tiempo del efecto residual indicados en la etiqueta del plaguicida <sup>(27)</sup>.

**Jhong F y Ramírez R (2001)**, realizaron el estudio titulado *“Identificación por cromatografía de capa fina de insecticidas organofosforados presentes en Lycopersicum sculentum (Tomate) que se comercializan en los principales mercados de Ica. Año 2000”*, con el objetivo de evaluar el riesgo de exposición a plaguicidas por consumo de tomate fresco expendido en mercados del distrito de Ica. La metodología incluyó homogenizar las 50 muestras a trituración en licuadora y luego extraer los residuos de plaguicida mediante una extracción con Hexano: Acetona 1:1. La determinación analítica consistente en la identificación por Cromatografía en Capa Fina (CCF) de los extractos obtenidos y redisueltos con metanol, incluyó utilizar como soporte o fase estacionaria al adsorbente Silicagel G60 y como fase móvil al sistema de elución: alcohol isopropílico : acetona : metanol (5:3:2). El revelado de los compuestos plaguicidas organofosforados se realizó utilizando tres agentes reveladores: Cloruro de paladio 0.05%, Verde brillante 0.05% y Azul de bromofenol 0.05%. Como resultados se encontró que el 34% de las muestras presentaron residuos de organofosforados en pulpa de tomate, siendo los mayormente identificados: Malation, Metamidofos, Diazinon, Paration, Dimetoato, Monocrotofos <sup>(28)</sup>.

## 2.2. MARCO TEÓRICO:

### 2.2.1. ALCACHOFA:

#### A) ORIGEN, DISTRIBUCIÓN Y ANCESTROS:

La alcachofa es una planta perteneciente al género *Cynara*, el cual es probablemente originario de la cuenca del mar Mediterráneo y comprende ocho especies, de las cuales *C. cardunculus* es la más ampliamente distribuida y posee tres taxa dentro de las cuales está la alcachofa (*C. cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori), el cardo comestible (*C. cardunculus* var. *altilis* DC) y el cardo silvestre (*C. cardunculus* var. *sylvestris* (Lam.) Fiori).

La alcachofa es cultivada por su cabezuela inmadura habiéndose encontrado evidencias de su uso desde hace unos 3.000 años, en varias civilizaciones antiguas de la cuenca del Mediterráneo, pero sin que se conozca el lugar exacto de su origen <sup>(29)</sup>. Es de esperar que el lugar de diversidad de un cultivo corresponda al lugar de origen, que es donde las plantas han existido mayor tiempo y acumulan variación genética. Según en este supuesto, Italia representa el centro de diversidad de la alcachofa, localizándose como centro de origen el sur de Italia, probablemente Sicilia <sup>(30)</sup>.

#### B) BOTÁNICA:

La alcachofa es una planta herbácea perenne, alógama y entomófila en su fase de reproducción sexual.

Taxonómicamente está clasificada de la siguiente manera:

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta (Angiospermas)
- Clase: Magnoliopsida (Dicotiledónea)
- Orden: Asterales (Campanuladas)
- Familia: Asteraceae (Compositae)
- Sub-familia: Cichorioideae
- Tribu: Cardueae
- Sub-tribu: Echinopsidinae
- Género: Cynara
- Especie: Cynara scolymus (L.)

Sinonimia botánica: *Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori

Sinonimia vulgar: Alcaucil, alcachofera, artichoke (inglés)



**Figura 1.** Cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus*) variedad criolla.  
Tomado de IPEH, 2011<sup>(31)</sup>.

▪ **Descripción Botánica** <sup>(32)</sup>:

Hojas:

Son pubescentes, con haz de color verde claro y envés blanquecino; simples, de 70 cm a 1 m de longitud y hasta 40 cm de anchura. Sus nervaduras son muy marcadas; los limbos en los lóbulos laterales son muchas veces profundas en las hojas de la base y hundido en la parte del tallo; los peciolo son más o menos carnosos según la variedad, y algo aplanados.

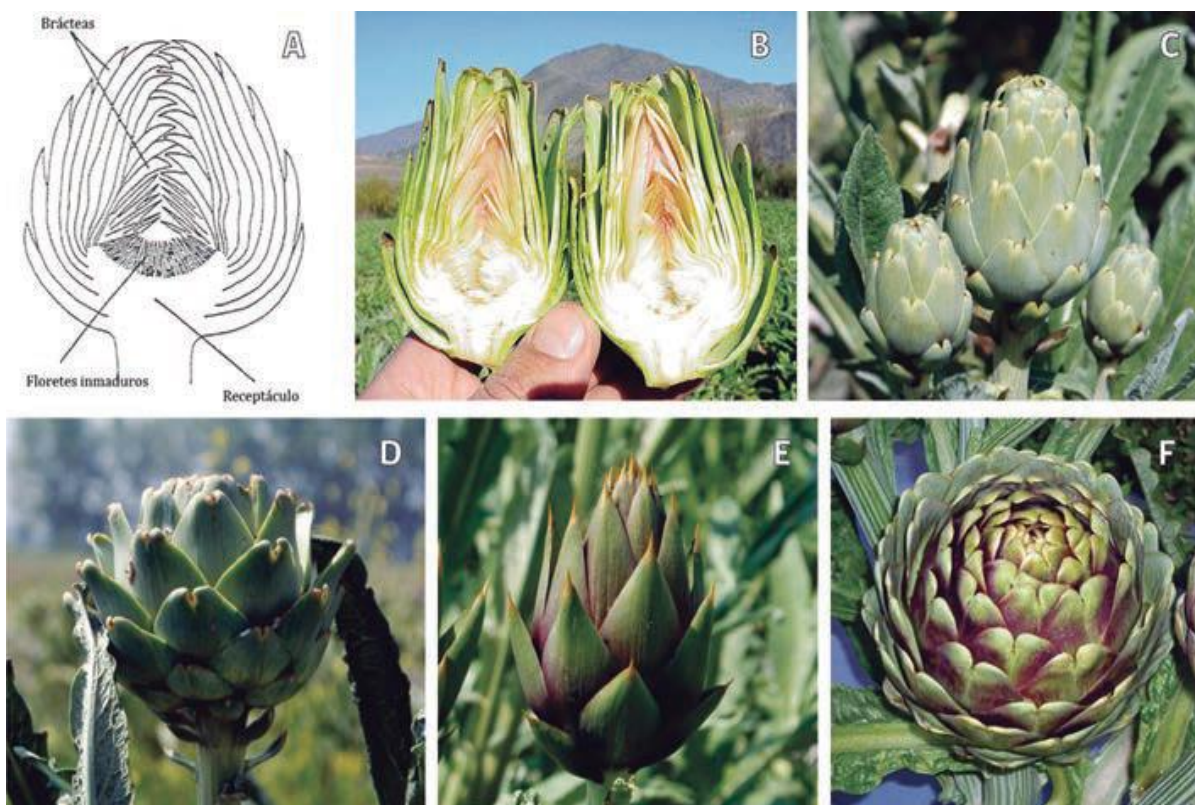
Inflorescencia:

Una vez iniciada la fase reproductiva de la planta, comienza el crecimiento del pedúnculo o tallo floral, desde donde el despliegue de sus hojas determina la aparición de la inflorescencia, capítulo o receptáculo carnoso, con brácteas imbricadas, siendo más anchas y gruesas las basales, cuya parte inferior es comestible juntamente con el receptáculo, antes de la apertura de la inflorescencia.

La forma y tamaño de las brácteas es de carácter varietal, algunas tienen espinas breves en el ápice, aunque en la mayoría están ausentes. Las brácteas pueden ser verdes o de colores violetas o moradas. Estas cabezuelas sino se recolectan en estado tierno se abren dando lugar a numerosas flores azules provistas de gruesas escamas en la base, que luego se vuelven espinosas y de brácteas oblongas.

El frío es el único factor obligado que repercute en la floración. Las altas temperaturas del verano, unidas a la interrupción del riego,

provocan una fuerte paralización del cultivo. Si se aplica ácido giberélico en otoño y primavera se consigue adelantar la producción de alcachofas sin disminuir su crecimiento. Si se dan temperaturas demasiado elevadas mientras se produce la diferenciación floral, puede dar el caso de que se atrofién las cabezuelas terminales que son las de mayor calidad. Si las temperaturas bajan de los 5 °C la planta detiene su desarrollo, siendo la temperatura óptima de desarrollo de 15°C a 18 °C. Es muy sensible a las heladas y temperaturas bajo cero pueden destruir la parte aérea.



**Figura 2.** Estructuras y formas de capítulos de alcachofa. A) Esquema de capítulo inmaduro. B) Estructuras de capítulo inmaduro. C) Capítulo cónico verde sin espina. D) Capítulo cilíndrico verde. E) Capítulo cónico morado y con espinas. F) Capítulo globoso morado.

Tomado de INIA, 2018<sup>(32)</sup>

#### Sistema radical:

Es muy fuerte, adaptándose a una extensa gama de suelos, además tiene un rizoma muy desarrollado en el cual reserva el alimento que elabora la parte pivotante y tiene un tamaño de 1.5 m.

#### Tallo:

Es erguido, subleñoso, muy ramificado y acanalado, alcanzando en promedio 1.5 m de altura. Después de la aparición de las hojas, dan en sus extremos las inflorescencias en capítulos, que cuando están tiernas y cerradas constituyen la parte comestible. A su vez origina ramificaciones laterales que también florecen.

#### Fruto:

Es un aquenio de forma oblonga, y color grisáceo, provisto de un vilano o papus de pelos que lo rodea.

### C) COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROPIEDADES <sup>(33, 34)</sup>:

A parte del contenido de agua, los componentes mayoritarios son los glúcidos, destacando la fibra y la inulina. La inulina, se metaboliza a levulosa, de fácil asimilación y bajo índice glucémico. Contiene altos niveles de minerales como: Na, K, P, Ca y sobre todo Mn; y vitaminas A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y C. Como metabolitos secundarios, contiene ácidos fenólicos, flavonoides y lactonas sesquiterpénicas. Entre los ácidos fenólicos, destacan los ésteres del ácido cafeico, como el ácido clorogénico, ácido criptoclorogénico, ácido neoclorogénico y la cinarina (ácido 1,5-dicafeil-quínico).

La Cinarina posee capacidad para estimular la secreción biliar (colerética), disminuir el cociente beta/alfa de las lipoproteínas (hipocolesterolemizante) e inhibir la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (antioxidante), actividades preventivas de la aparición de alteraciones coronarias y arterioesclerosis. También favorece la formación de orina (diurética). Esteroles como el  $\beta$ -sitosterol y estigmasterol, por su lado poseen capacidad para limitar la absorción del colesterol en el intestino.

Las actividades descritas convierten a la alcachofa en un alimento funcional debido a que sus componentes bioactivos son capaces de depurar el hígado, disolver cálculos biliares, expulsar las grasas del organismo, entre otras actividades.

Gracias a la inulina, se le recomienda en la dieta de los diabéticos, y a la fibra como laxante. Por vía tópica se ha empleado para tratar contusiones y para el reumatismo. Ha proporcionado también buenos resultados en el control de la celulitis localizada.

La alcachofa se puede consumir cruda o cocida, como entrada y en guisos muy variados. Se consume la inflorescencia inmadura, formada por un receptáculo y numerosas brácteas. La parte comestible, es decir, la no fibrosa, alcanza su mayor proporción cuando el capítulo ha llegado al máximo desarrollo, pero mantiene las brácteas apretadas o cerradas. Esta fase puede durar varios días, realmente la recolección puede regularse bastante bien en función de la demanda de los mercados.

En la siguiente tabla puede observarse el valor nutricional de la alcachofa:

**Tabla 1.**  
**Valor Nutricional en 100 g de tejido comestible de alcachofa**

COMPONENTE	CONTENIDO	UNIDAD
Agua	87.00	%
Carbohidratos	10.00	g
Proteínas	2.50	g
Lípidos	0.20	g
Calcio	39.17	mg
Fósforo	60.00	mg
Hierro	1.33	mg
Potasio	263.33	mg
Sodio	65.83	mg
Manganeso	20.00	mg
Vitamina A	141.67	UI
Tiamina	0.06	mg
Riboflavina	0.05	mg
Ácido ascórbico	7.50	mg
Niacina	0.58	mg
Valor energético	45.83	cal

**Nota.** Fuente: Tomado de Robles, 2001<sup>(33)</sup>

D) CULTIVO <sup>(35, 36)</sup>:

Sobre la introducción de la alcachofa en el Perú, se tienen dos versiones: a) que fue introducida por los misioneros europeos del Convento de Ocopa y se adaptó en la microcuenca del río Achamayo en la provincia de Concepción (Valle del Mantaro, Junín); y, b) que fue introducida por inmigrantes italianos y españoles, asentados en la sierra central del Perú; que por la buena calidad de agua, suelos y microclima especial se adaptó en la microcuenca del

río Achamayo. Su cultivo en nuestro país ha tenido un acelerado crecimiento en los últimos años, siendo producidas en el departamento de Ica, el 22% de las 41.514 toneladas de alcachofas (en conserva y congelada) exportadas por Perú en 2019.

Perú tiene un clima ideal para una producción anual, siendo la Costa la de mayor producción durante los meses de junio a diciembre y la Sierra desde octubre a mayo. Por ello, el Perú apunta a ser el primer exportador del mundo, tanto de producto fresco como de conservas. Para conserva, el producto que se ofrece son los corazones y fondos de alcachofas procesadas y envasadas en salmuera y marinadas, tomando en cuenta las especificaciones internacionales.

En el Perú el cultivo de alcachofa es un producto no tradicional considerado dentro de niveles medio referente a toneladas producidas y hectáreas cosechadas; ocupando el puesto 8 en producción de hortalizas (aprox. 119,000 Tn) y el puesto 11 en superficies cosechadas de hortalizas (aprox. 5,300 ha), muy por debajo de la cebolla, el choclo y el espárrago, aunque por encima del ajo, el brócoli y el ají.

A nivel regional, al 2015 las regiones de mayor producción de alcachofa fueron: Ica (28%), Arequipa (21%), La Libertad (20%), Cusco (14%) y Junín (7%). Referente a la superficie cosechada por región del Perú, Arequipa ocupa el primer lugar con 1,346 ha que representa el 25%, el segundo puesto lo ocupa La Libertad con

1,199 ha lo cual representa el 23% y el tercer lugar lo ocupa Ica con 1,077 ha que representa el 20% del total.

En el Perú, la alcachofa está considerada dentro de la exportación de hortalizas y representa el 4% de los productos no tradicionales exportados. En el 2015 la alcachofa se ubicó dentro de los 20 productos con mayor crecimiento dentro de la exportación de productos No Tradicionales.

Las zonas productivas de alcachofa se encuentran principalmente en la costa y en algunas partes de la sierra (Junín, Ayacucho, Huancavelica), esto debido a las necesidades climáticas de este cultivo las cuales se adaptan a estas áreas geográficas.

Los cultivares o variedades de alcachofa cultivadas en el Perú son principalmente seis:

- **Criolla.** Derivada de la variedad italiana Spinoso sardo. Presenta, a diferencia de las otras variedades, espinas en hojas y brácteas, y sus capítulos son de forma cónica, y de un color púrpura inicialmente y a medida que va creciendo se torna de color verde oscuro. Los capítulos son terminales tanto en el tallo principal como en los laterales, y alcanzan un diámetro de hasta 17 cm. Se destina a diferencia de las otras variedades a la obtención de “fondos de alcachofa” para el mercado nacional. La demanda internacional está dirigida a los “corazones de alcachofa”, que son obtenidos de las variedades sin espinas. Es más tolerante a plagas y enfermedades.

- **Green globe.** Exhibe capítulos de color verde plateado, de 3 a 6 cm. Puede llegar a crecer hasta 2 m de altura.
- **Imperial Star.** De semillas más pequeñas en comparación de las demás variedades.
- **Lorca.** Exhibe capítulos de forma variable, brácteas jaspeadas con un color verde brillante, violáceo, con hendidura en el ápice.
- **Agriset A – 106.** De propagación por semilla, exhibe capítulos redondos globosos con brácteas jaspeadas de color morado en el último tercio y con hendidura en el ápice.
- **Blanca de Tudela (Petit Verd).** Exhibe capítulos de color verde claro compacto y bien formado.

**Tabla 2.**

***Variedades de alcachofas cultivadas en el Perú***

VARIEDAD	UBICACIÓN	TIPO	CONDICIÓN
Criolla	Valle del Mantaro y costa	Con espinas	Semiperenne
Green Globe	Valle del Mantaro y costa	Sin espinas	Semiperenne
Imperial Star	Valle del Mantaro y costa	Sin espinas	Perenne
Lorca	Chavimochic y sierra	Sin espinas	Perenne
A-106	Costa	Sin espinas	Perenne
Blanca de Tudela	Costa	Sin espinas	Perenne

**Nota.** Fuente: Tomado de IPEH, 2011<sup>(31)</sup>

E) COSECHA, POSCOSECHA Y ALMACENAMIENTO <sup>(32, 37)</sup>:

La cosecha es manual y se realiza con un cuchillo curvo bien afilado, dejando hasta 10 cm del tallo floral como reservorio de agua para retardar la deshidratación. La frecuencia de cosecha suele ser variable, pues los botones florales que se originan en los meses de

menor temperatura necesitan entre 19 a 21 días para lograr su índice de madurez comercial, mientras que en condiciones calurosas maduran más rápidamente y en 14 a 15 días lograrán la madurez comercial. Por tanto, en la Costa Central, cuando las condiciones climáticas sean templadas, el periodo aproximado de cosecha será de 90 días; mientras que a altas temperaturas será de 60 días como máximo, lo cual permite obtener un número de cosechas total que fluctúa de 7 a 10 por campaña productiva con intervalos de 7 días. En tanto, bajo las condiciones de la Sierra Central, el periodo de cosecha es de 100 a 110 días, con 8 a 10 cosechas por campaña e intervalos de 10 a 15 días.

En el periodo de post cosecha continua de forma prácticamente imparable, el proceso de desarrollo del capítulo dada la elevada actividad metabólica, lo que la hace fácilmente perecible. En esta fase, las alteraciones que puede sufrir la alcachofa son: a) pérdida de agua por transpiración, y b) apertura de las brácteas, lo que está relacionado con un aumento de la fibrosidad y desarrollo del "pelo". En cuanto a su almacenamiento, pueden aparecer manchas oscuras en la base de las brácteas interiores de las cabezuelas cuando el ambiente se mantiene mal ventilado, por exceso de CO<sub>2</sub>, por ello deben ser expandidas después de cosechadas. Por lo general, no está justificado económicamente ningún tipo de almacenamiento frigorífico, pero si no se utiliza frío para el almacenamiento, deben consumirse entre los 5 y 7 días posteriores a la recolección.

Para conservaciones de 15 a 30 días se recomienda temperaturas de refrigeración (0 a 4 °C) con control de humedad (95%); y si se requiere un mayor tiempo de conservación se recomienda la utilización conjunta de temperaturas de refrigeración, y envolturas plásticas perforadas o semi perforadas.

F) CONTROL QUÍMICO DE LAS PLAGAS DE LOS CULTIVOS DE ALCACHOFA<sup>(32, 37)</sup>:

Entre las plagas que atacan principalmente a la alcachofa se han identificado a los siguientes: gusanos de tierra (Agrotis, Peridroma), moscas minadoras (Liriomyza, Amauromyza), gusanos blancos (Lygirus, Anomala, Cyclocephala), polillas (Spodoptera, Heliothis), pulgones (Aphis, Capitophorus, Macrosiphum), mosca blanca (Bemisia), caracoles y babosas. Internacionalmente se recomienda recurrir al control químico sólo cuando sea necesario y con frecuencia, sólo en momentos específicos del ciclo de una determinada enfermedad. Se recomienda también elegir plaguicidas específicos en lugar de los de amplio espectro de acción y éstos deben aplicarse en las dosis mínimas recomendadas por el fabricante, respetando siempre los períodos de carencia que se señalan en la etiqueta y, el efecto residual del producto. Además, el uso de plaguicidas debe cumplir con las normativas vigentes partiendo por la selección de aquellos con registro otorgado por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA).

Entre los plaguicidas de uso agrícola autorizados se encuentran los anticolinesterásicos (organofosforados y carbamatos), que son los de mayor riesgo para la salud humana. Otros plaguicidas de uso común son los Neonicotinoides (Imidacloprid, Tiametoxam), las Espinosinas (Spinentoram, Spinosad), las Avermectinas (Abamectina) y los Piretroides (Permetrina,  $\alpha$ -Cipermetrina,  $\gamma$ -Cihalotrina,  $\lambda$ -Cihatrolina).

Además de la aplicación de las recomendaciones sobre el manejo de suelo, agua, fertilizantes y productos fitosanitarios, durante el cultivo, cosecha, empaque, transporte y almacenamiento, siempre debe tenerse en cuenta las normas de higiene en el terreno, los servicios básicos para el personal, el respeto a la legislación laboral, el manejo de los residuos y el mantenimiento de registros, pues esas normativas de manejo integral y buenas prácticas agrícolas están orientadas a asegurar la inocuidad del producto, la protección al medio ambiente y la salud ocupacional.

En el ámbito específico de los plaguicidas, estas normas regulan los requerimientos de los mercados de destino, el almacenamiento y manejo de las bodegas de plaguicidas, el área de dosificación de productos, las precauciones que se deben tomar durante la aplicación y post-aplicación, el manejo de envases vacíos y su descarte, el control de emergencias derivadas del mal uso de los agroquímicos, el uso de elementos de protección personal y el transporte.

**Tabla 3.**

***Principales grupos de insecticidas, modo de acción y fecha de introducción***

<b>MODO DE ACCIÓN PRINCIPAL</b>	<b>TIPO DE PLAGUICIDA</b>	<b>EJEMPLOS COMUNES</b>	<b>PRIMER USO</b>
Inhibidores de acetilcolinesterasa (Anticolinesterásicos)	Carbamatos	Aldicarb, Bendiocarb, Carbaril, Carbofuran, Carbosulfan, Metiocarb, Metomil, Pirimicarb, Tiodicarb	1956
	Organofosfatos	Acefato, Clorpirifos, Diazinon, Dimetoato, Fenitrothion, Fention, Malation, Metamidofos, Monocrotofos, Paration, Pirimifos, Profenofos, Temefos	1950
Antagonistas del canal de cloruro regulado por GABA	Organoclorados	Clordano, Endosulfan, gamma-HCH (Lindano)	1945
Moduladores del canal de sodio	Fenilpirazoles	Fipronil	1993
	Organoclorados	DDT	1943
	Piretroides	Alletrin, Bifentrina, Ciflutrina, Lambda-Cialotrina, Cipermetrina, Deltametrina, Fenvalerate, Permetrina, Resmetrina	1952
Agonista/antagonista del receptor de Acetilcolina de tipo nicotínico	Piretrinas	Piretrina (Piretrum)	1850s
	Neonicotinoides	Acetamiprid, Imidacloprid, Nitenpiram, Tiacloprid, Tiametoxam	1991
	Nicotina	Nicotina	1930s
Activadores del canal de cloruro	Espinosinas	Spinosad	1996
Inhibidores de fosforilación oxidativa.	Avermectinas	Abamectin, Emamectin benzoato	1985
Inhibidores de la biosíntesis de quitina	Diafentiuon	Diafentiuon	1997
	Clorfenapir	Clorfenapir	1985
Agonista de ecdisona / interruptores de muda de piel.	Benzoilureas	Novaluron, Diflubenzuron, Teflubenzuron	1983
	Buprofezin	Buprofezin	1988
Inhibidores del transporte del electrón del complejo mitocondrial	Diacilhidrazinas	Halofenozid, Tebufenozid	1999
	Azadiractin	Azadiractin	1985
Bloqueadores del canal de sodio dependientes del voltaje.	Rotenona	Derris, Rotenona	1850
	Indoxacarb	Indoxacarb	2000

**Nota.** Fuente: Tomado de DEVINE, 2008<sup>(38)</sup> que referencia al Comité de Acción para la Resistencia a los Insecticidas [<http://www.irc-online.org>]

## 2.2.2. PLAGUICIDAS

### A) DEFINICIÓN <sup>(39)</sup>:

Los plaguicidas pueden definirse como aquellos compuestos químicos que son utilizados con el objetivo de eliminar, repeler, atraer, regular o interrumpir el crecimiento de las plagas, sean estas: insectos, hierbas, aves, mamíferos, peces u otros organismos que compiten con el hombre para conseguir alimento, destruyen las siembras o son vectores de enfermedades.

La OMS define como plaguicida a cualquier sustancia o mezcla de sustancias de origen orgánico, inorgánico o sintético destinada a combatir insectos, ácaros, roedores y otras especies indeseables de plantas y animales que resultan perjudiciales para el hombre en su salud o en sus actividades económicas como la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o la comercialización de alimentos de tipo agrícola o animal.

### B) CLASIFICACIÓN <sup>(3)</sup>:

Los plaguicidas se pueden clasificar según:

- *Tipo de organismo que se desea controlar:* insecticidas, acaricidas, fungicidas, herbicidas, nematicidas, molusquicidas, rodenticidas, etc.
- *Grupo químico del principio activo:* organofosforados, carbamatos, organoclorados, piretroides, neonicotinoides, derivados de triazol, triazinas, ácido fenoxiacético, urea, cumarinas, entre otros.
- *Persistencia al medio ambiente:* persistente, poco persistente, no persistente.

- *Toxicidad aguda según OMS:* extremadamente tóxico, altamente tóxico, moderadamente tóxico, ligeramente tóxico. Esto según la Dosis letal media (DL50) en animales de experimentación (ratas) expresada en términos de mg/kg del peso del animal, tanto para la vía de exposición oral como dérmica.

**Tabla 4.**  
***Clasificación de Plaguicidas de uso agrícola según clasificación de toxicidad o peligrosidad recomendada por la OMS***

CLASIFICACIÓN TOXICOLÓGICA	CLASE	DOSIS LETAL MEDIA (DL50) mg/Kg ratas			
		Para Sólidos		Para Líquidos	
		Vía Oral	Vía Dérmica	Vía Oral	Vía Dérmica
Extremadamente tóxico	Ia	< 5	< 10	< 20	< 40
Altamente tóxico	Ib	5 - 50	10 - 100	20 - 200	40 - 400
Moderadamente tóxico	II	50 - 500	100 - 1000	200 - 2000	400 - 4000
Ligeramente tóxico	III	> 500	> 1000	> 2000	> 4000

**Nota.** Fuente: Tomado de WHO, 2010<sup>(40)</sup>

### C) EXPOSICIÓN HUMANA A PLAGUICIDAS <sup>(41)</sup>:

Debido a la actividad agroindustrial en nuestro país, existe un alto riesgo de exposición eventual, ocupacional y alimentaria por el uso de agroquímicos, incluidos entre estos los plaguicidas inhibidores de la acetilcolinesterasa (anticolinesterásicos: organofosforados y carbamatos), de manera tal que la población vulnerable o expuesta puede agruparse en dos categorías amplias: los trabajadores expuestos según la ocupación que desempeñan y la población en general.

▪ Trabajadores:

A nivel ocupacional, los patrones de uso de los plaguicidas son muy complejos, dada la gran variedad de formas e intensidades de exposición; no obstante, son los trabajadores agrícolas los que presentan una mayor exposición dado que el sector agrario puede llegar a utilizar hasta un 85% de las formulaciones plaguicidas.

Las circunstancias o procedimientos que posibilitan la exposición ocupacional a plaguicidas son:

- Fabricación y formulación de estos productos.
- Transporte, almacenamiento y expendio.
- Preparación, dilución, aplicación y cosecha de los cultivos.
- Actividades pecuarias.
- Industria forestal.
- Campañas de saneamiento ambiental, etc.

▪ Población General:

Comprende tanto a las personas que de manera eventual o casual están en contacto con estos productos, como es el caso de: comunidades rurales que habitan o laboran cerca de áreas agrícolas donde se hacen aplicaciones aéreas o terrestres; familiares de trabajadores agrícolas, en especial niños y mujeres embarazadas; comunidades urbanas y rurales donde se hacen aplicaciones domésticas o campañas de saneamiento ambiental, y en general toda la población que ingiere alimentos y aguas contaminadas por residuos de plaguicidas.

#### D) RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN ALIMENTOS <sup>(41, 42)</sup>:

Como consecuencia del uso de un plaguicida agrícola es muy posible que este permanezca como residuo en los alimentos, productos agrícolas o piensos, en forma inalterada o como un derivado del plaguicida (metabolitos, productos de conversión o de reacción), o impurezas. Estos residuos, según los niveles y el tiempo de permanencia que pueden alcanzar en el alimento, representan una amenaza para la salud pública. Por ello, los productores y recolectores han de cumplir con los plazos de seguridad de los plaguicidas, en concordancia con la dosificación, el tiempo de vida residual y, la persistencia del producto.

La **persistencia de un plaguicida** en una planta depende de la acción de diversos factores, tales como:

##### Factores propios de la aplicación:

- *Tipo de plaguicida:* ciertos plaguicidas dada la estructura molecular son retenidos más fácilmente que otros.
- *Formulación del plaguicida:* cuando componentes coadyuvantes del preparado (adherentes, mojantes, etc.), que sirven para aumentar la eficacia biológica del plaguicida o la duración de dicha eficacia, aumentan la persistencia del plaguicida.
- *Dosis:* pues a mayor cantidad mayor depósito.
- *Tipo de aplicación:* cuanto mayor sea el tamaño de partícula en el caso de espolvoreo o tamaño de gota en pulverizaciones, mayor será el riesgo de deriva y evaporación.

#### Factores propios del cultivo:

- *Morfología del vegetal:* pues la forma, la estructura física de su epidermis o parte externa (recubrimiento, rugosidad, porosidad, etc.) pueden favorecer la penetración y protección de los residuos.
- *Crecimiento vegetal:* pues al aumentar el peso, el tamaño de la planta disminuye proporcionalmente la cantidad de residuos.

#### Factores propios de la eliminación del producto:

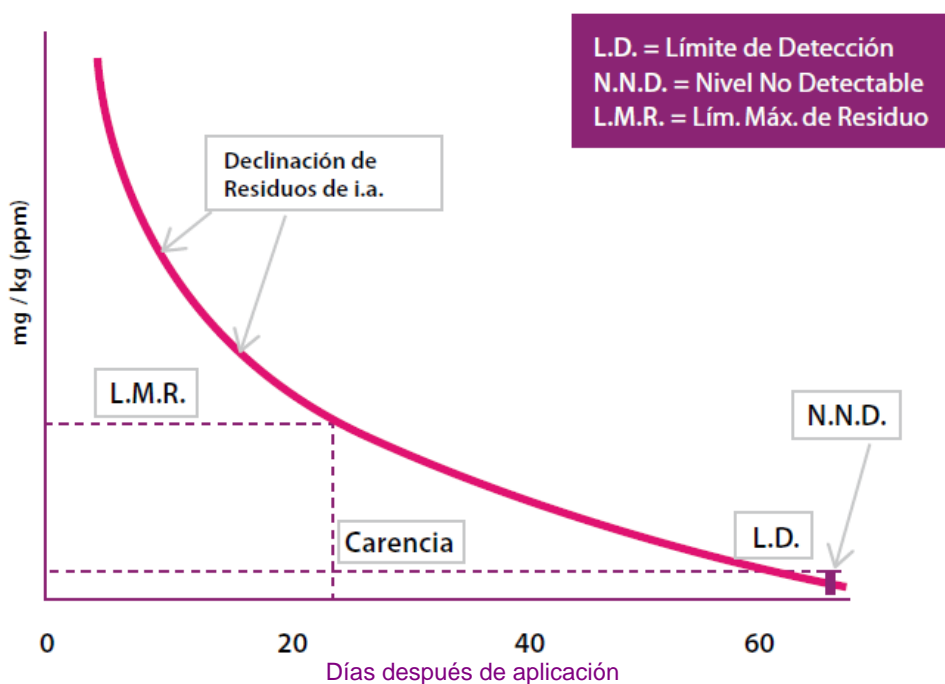
- *Causas mecánicas:* por acción de arrastre de la lluvia y el viento. Esta acción es más importante, cuanto más próxima este de la aplicación, o cuando ocurre poco después de una aplicación.
- *Causas físicas:* principalmente por volatilización, la cual depende de la tensión de vapor del plaguicida, la temperatura y el viento; y la solubilización por la lluvia.
- *Degradación química:* por transformación del principio activo en otra sustancia, siendo dependiente de la estructura química. La degradación química ocurre por reacciones simples (hidrólisis, oxidaciones, reducciones, descarboxilaciones, etc.) o reacciones bioquímicas complejas (procesos enzimáticos) que ocurren tanto en la superficie del vegetal como en el interior de los tejidos.

La **degradación de un plaguicida** se da después que ha sido aplicado sobre la planta, suelo, agua u otra matriz, donde el depósito inicial se va convirtiendo en un residuo en un nivel relativamente proporcional a: dosis, número de aplicaciones, forma de aplicación, naturaleza y estado fenológico del cultivo, metabolización, factores

ambientales (lluvia, temperatura, fotólisis), etc.

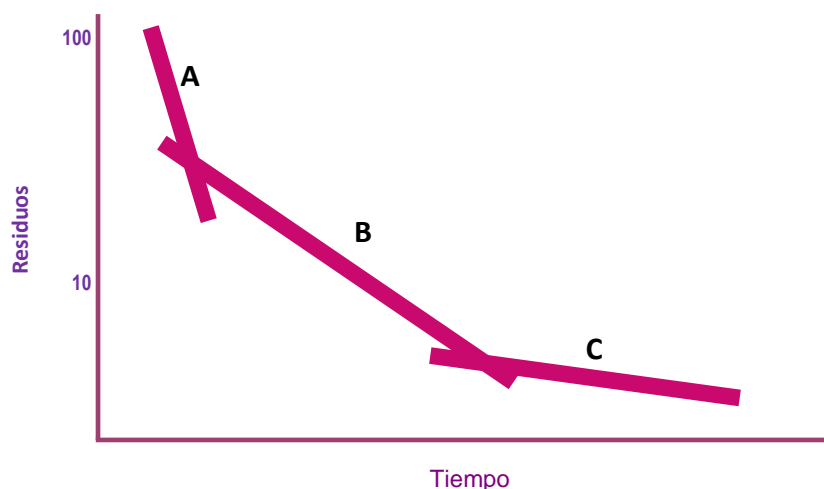
La degradación de un plaguicida se grafica como una curva, donde el producto residual varía en función del tiempo. Si se realizara un estudio, considerando cortos intervalos de tiempo de la evolución del contenido de residuos presentes sobre un producto tratado se obtendrían las denominadas curvas de disipación o degradación, las cuales son específicas para cada plaguicida y especie vegetal (Figura 3).

El conocimiento de estas permite elaborar predicciones sobre la cantidad de residuo como consecuencia de un tratamiento dado, lo que permitirá conocer cómo influyen las distintas variables en el proceso y por tanto plantear como modificarlas para influir sobre el mismo.



**Figura 3.** Curva de disipación de residuos de plaguicidas. Tomado de Mazzarella, 2016<sup>(43)</sup>.

En general, el proceso de disipación de un residuo de plaguicida sigue una cinética de primer orden, aunque en algunos casos se consideran tres fases consecutivas (Figura 4):



**Figura 4.** Fases de la Curva de teórica de eliminación de plaguicidas: A) Desprendimiento, B) Degradación, C) Persistencia. Tomado de Coscollá, 1993<sup>(42)</sup>.

- *Fase de desprendimiento*, donde la eliminación es muy rápida y se debe a las acciones mecánicas del viento y la lluvia;
- *Fase de degradación*, más lenta que la anterior, donde están involucrados los fenómenos físicos y/o químicos;
- *Fase de persistencia*, sumamente lenta, caracterizada por el bloqueo del plaguicida en el vegetal

Es común la ocurrencia de casos en que las personas se vean intoxicados debido al consumo de productos con residuos ilegales, presentes como resultado de un uso inadecuado de los plaguicidas. Precisamente a razón de ello se fijan límites a las cantidades de residuos para los plaguicidas, lo cual tiene por finalidad establecer que el producto sea toxicológicamente aceptable.

Un **límite máximo de residuos (LMR)** es la cantidad máxima de residuos de un plaguicida (en mg/Kg), que se ha aceptado como legalmente permisible en los alimentos y los piensos.

Para establecer los LMR se consideran dos criterios:

- *Criterio toxicológico*, consiste en estimar el nivel permisible, calculándolo a partir del valor experimental del nivel sin efecto observable (NOEL), obtenido de ensayos en animales, y extrapolándolo al ser humano.
- *Criterio agronómico*, consiste en la parte experimental, por la que se realizan ensayos con el objetivo de conocer el nivel de residuo del plaguicida en estudio que queda sobre los alimentos, sobre la base de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).

Sobrepasar un LMR no necesariamente implica un riesgo para la salud humana ya que la exposición esperada puede estar muy por debajo del punto de referencia toxicológico IDA (Ingesta Diaria Aceptable) o DRfA (Dosis de Referencia Aguda) que son establecidos muy conservadoramente, y por tanto, significa que se está contraviniendo la legislación. Son varias las razones por las que puede excederse un LMR, es el caso, por ejemplo, cuando:

- Un cultivo tratado correctamente y responsablemente según las BPA, los LMR y las instrucciones de la etiqueta en un país se vende en otro país que tiene distintos LMR.
- Un producto registrado, pero no autorizado se aplica a un cultivo, sin tener un LMR reportado.

- Un cultivo ha sido tratado sin respetar las dosis o las frecuencias recomendadas en la etiqueta, usando productos no aprobados.

Los LMR no son límites toxicológicos, sino que son límites toxicológicamente aceptables. En el caso particular de la alcachofa, según normativa nacional (R.M. N° 1006-2006-MINSA), los Límites Máximos de Residuos (LMR) de plaguicidas de uso agrícola se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 5.**  
***Límites Máximos de Residuos (LMR) de Plaguicidas de uso agrícola en alcachofa fresca de consumo humano***

<b>GRUPO QUÍMICO</b>	<b>PLAGUICIDA</b>	<b>LMR (ppm)</b>
ARILOXIFENOXIPROPIONATO	Fluazifop-p-butil	0.9
	Propaquizafop	0.1
AVERMECTINA	Abamectina	0.01
	Emamectina	0.1
	Clorotalonil	0.01
BENZONITRILO	Carbendazim	0.1
	Metomilo	0.02
CARBAMATO	Tiofanato-metilo	0.1
	Cletodim	1.2
CICLOHEXADIONA	Clorantraniliprol	2
DIAMIDA ANTRANÍLICA	Iprodione	0.01
DICARBOXIMIDA	Oxifluorfen	0.05
DIENILETER	Pendimetalina	0.1
DINITROANILINA	Mancozeb	0.05
DITIOCARBAMATO	Tiram	0.1
	Spinetoram	0.3
ESPINOSINA	Spiroxamine	0.7
ESPIROKETALAMINA	Azoxistrobina	5
	Kresoxim-metilo	0.01
	Piraclostrobina	2
ESTROBILURINA	Trifloxistrobina	1
	Captan	0.02
FTALIMIDA	Fenhexamid	0.01
HIDROXIANILIDA	Procloraz	0.05
IMIDAZOL	Acetamiprid	0.7
NEONICOTINOIDE	Imidacloprid	2.5
	Clorpirifos	1
ORGANOFOSFORADO	Diclorvos	0.01
	Glifosato	0.2
	Glufosinato de amonio	0.1
	Tolclofos-metilo	0.05

PIRETROIDE	Ciflutrina	0.2
	Cihalotrinas	0.2
	Cipermetrinas	0.1
	Permetrina	5
PIRIMIDINA	Bupirimato	0.05
	Fenarimol	0.1
	Pirimetanilo	0.01
TRIAZINA	Ciromazina	3
TRIAZOL	Ciproconazol	0.1
	Difenoconazol	1
	Miclobutanilo	0.9
	Penconazol	0.2
	Tebuconazol	0.6
	Triflumizol	0.1
DERIV. DE LA UREA	Linuron,	0.05

**Nota.** Fuente: Adaptado de R.M. N° 1006-2006-MINSA<sup>(4)</sup>

### 2.2.3. PLAGUICIDAS ANTICOLINESTERÁSICOS

#### A) MECANISMO DE ACCIÓN <sup>(3, 44)</sup>:

Por su mecanismo de acción se comportan como inhibidores enzimáticos competitivos, combinándose con las enzimas esterases de una manera muy estable. Al fosforilarlas o carbamilarlas las inactivan, por lo que en el caso de la acetilcolinesterasa (AChE), esta ya no puede realizar su papel fisiológico de hidrolizar la acetilcolina, liberada en la sinapsis como mediador químico en la transmisión del impulso nervioso, por lo que la toxicidad de estos compuestos radica principalmente sobre el sistema nervioso (síndrome colinérgico, neuropatía retardada).

Estos plaguicidas incluyen a los organofosforados y carbamatos. Los organofosforados se unen a la acetilcolinesterasa y la inhiben por fosforilación irreversible, por lo que su restauración depende de la síntesis de nuevas moléculas de la enzima, a diferencia de los carbamatos en los que esta unión carbamoil-enzima es reversible.

La actividad de la acetilcolinesterasa (AChE) puede ser determinada como biomarcador para evaluar en una determinada población el riesgo de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos.

B) TOXICOCINÉTICA <sup>(3, 44)</sup>:

Los plaguicidas anticolinesterásicos se absorben por inhalación, ingestión y contacto cutáneo, y se metabolizan siguiendo las dos fases de detoxificación. Los organofosforados se metabolizan por hidrólisis y oxidación enzimáticas mientras que los carbamatos se metabolizan principalmente por oxidación enzimática. Para ciertos agentes organofosforados su metabolización los convierte en compuestos biológicamente activos, y por tanto nocivos. Entre el 75 y el 100 % de los organofosforados y carbamatos se transforman en compuestos solubles, eliminándose principalmente con la orina.

C) ORGANOFOSFORADOS ANTICOLINESTERÁSICOS <sup>(45)</sup>:

Son principalmente derivados de ésteres del ácido fosfórico. Poseen amplio espectro. Por su grado de penetración se clasifican en:

- *De acción externa:* Actúan por contacto por su limitada capacidad de penetración. Su actividad aumenta con la temperatura, aunque su degradación es más rápida lo que disminuye su acción residual. Entre los plaguicidas organofosforados de este tipo se encuentran: metil-azinfos, clorfenvinfos, diazinon, etrimfos, fenitrothion, fention, fentoato, malation, metil-pirimifos, etc.
- *De acción sistémica:* Tienen la capacidad no sólo de atravesar la epidermis de las hojas, sino que se distribuye por toda la planta, al

llegar a la savia, por lo que tienen la ventaja de actuar sobre parásitos localizados en partes de la planta que no están al alcance del producto en el tratamiento, como es el caso de insectos chupadores, principalmente pulgones y psilas.

La mayor absorción se da en hojas jóvenes y a temperaturas altas.

Entre los plaguicidas organofosforados de este tipo se encuentran: acefato, clorpirifos, diclorvos, dimetoato, fosfamidon, monocrotofos, metamidofos, vamidotion, metil-oxidemeton, etc.

#### D) CARBAMATOS ANTICOLINESTERÁSICOS <sup>(45)</sup>:

Son principalmente derivados del ácido N-metil-carbámico. A diferencia del envenenamiento por organofosforados, la intoxicación aguda por carbamatos tiende a ser un síndrome clínico más benigno con una duración más corta debido a que la inhibición de la AChE es reversible, y además los carbamatos son metabolizados más rápidamente.

Poseen en general buen espectro y gran persistencia; y algunos tienen propiedades sistémicas, por lo que pueden clasificar en:

- *De acción muy específica:* actuando principalmente contra pulgones, mosca blanca y nematodos.
- *De amplio espectro:* actuando por contacto e ingestión sobre gran número de especies. Entre los plaguicidas carbamatos de acción sistémica se encuentran: aldicarb, carbaril, carbendazim, carbofurano, carbosulfan, metomilo, pirimicarb.

### 2.3. MARCO CONCEPTUAL:

- a) Codex\_Alimentarius:** Es una colección de normas alimentarias y textos afines aceptados internacionalmente y presentados de modo uniforme. El objeto de estas normas alimentarias y textos afines es proteger la salud del consumidor y asegurar la aplicación de prácticas equitativas en el comercio de los alimentos.
- b) Dosis de referencia aguda:** Es la cantidad de sustancia, expresada en mg/Kg de peso vivo, que puede ser ingerida durante un corto período de tiempo, normalmente en una comida o día, sin riesgo apreciable para la salud, basándose en los conocimientos disponibles cuando se efectúa el cálculo y teniendo en cuenta los grupos más vulnerables para la población (niños y fetos). Su cálculo se efectúa a partir de NOAEL dividiéndola por un factor de seguridad (~100).
- c) Ingestión diaria admisible (IDA):** Según la FAO/OMS, es la cantidad de plaguicida que, ingerida diariamente por el hombre durante toda su vida, no muestra riesgos apreciables según los conocimientos médicos y sanitarios actuales. Se obtiene a partir del NOAEL, aplicándole un coeficiente de seguridad (~100). Expresado en: (mg/Kg persona/día).
- d) Inocuidad de los alimentos:** La garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen y/o consuman de acuerdo con el uso a que se destinan.
- e) Límite Máximo de Residuos de plaguicidas (LMR):** Es la concentración máxima de un residuo de plaguicidas (expresado en mg/Kg o ppm), recomendada por la Comisión del Codex Alimentarius

de la OMS/FAO para que se permita su presencia en la superficie o la parte interna de productos alimenticios para consumo humano y de piensos.

- f) **NOEL:** (non observed effect level) en español significa NIVEL SIN EFECTO OBSERVABLE. Es la dosis máxima de una sustancia que no produce cambios detectables bajo condiciones de exposición definidas. En la actualidad este término tiende a ser sustituido por el de nivel sin efecto adverso observable (NOAEL).
- g) **Peligro:** Cualquier agente de naturaleza biológica, química o física presente en el alimento, o bien la condición en que éste se halla, que puede causar un efecto adverso para la salud.
- h) **Plaguicida:** Es cualquier sustancia destinada a impedir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas primarios o piensos, o que pueda administrarse a los animales para combatir ectoparásitos.
- i) **Plazo de seguridad (PS) de los plaguicidas:** Representa el tiempo expresado en días, que debe transcurrir entre la última aplicación del plaguicida y la recolección del producto vegetal.
- j) **ppm:** Es la abreviatura de “partes por millón”, unidad de medida equivalente a 1 mg/kg (dilución de sólido en líquido) o 1 ml/l (dilución de líquido en líquido), unidades utilizadas por el Codex Alimentarius para los LMR.

- k) Residuo de plaguicida:** Es cualquier sustancia especificada presente en alimentos, productos básicos agrícolas o alimentos para animales como consecuencia del uso de un plaguicida.
- l) Tiempo de vida residual media (VR<sub>50</sub>):** Tiempo, expresado en días, que tarda un residuo en llegar a un valor correspondiente al 50% del depósito inicial.
- m) Vigilancia sanitaria:** Observaciones y mediciones de parámetros de control sanitario, sistemáticos y continuos que realiza la autoridad competente a fin de prevenir, identificar y/o eliminar peligros y riesgos a lo largo de toda la cadena alimentaria.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:**

Por el tipo de investigación, el presente estudio es descriptivo, en razón, que describe el problema de estudio, la presencia de residuos de plaguicidas anticolinesterásicos en niveles no permitidos o aceptados. Asimismo, el estudio tiene un diseño experimental, pues establece el posible efecto de una causa que se manipula.

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA:**

La población está representada por las inflorescencias frescas de alcachofa (*Cynara scolymus*) que se comercializan en el Distrito de Ica. De esta población se tomaron 16 muestras procedentes de mercados mayoristas (Toledo y Santo Domingo) y minoristas (Mercado Modelo y La Palma) de la ciudad de Ica.

Se tomaron 4 muestras aleatorias en cada mercado, cada una de 100 o más g de peso, correspondientes a 4 puntos de venta diferentes en cada mercado.

##### Criterios de inclusión:

- Inflorescencias frescas y voluminosas, de buen aspecto.
- Inflorescencias de reciente suministro en el puesto de venta.

##### Criterios de exclusión:

- Inflorescencias antiguas, marchitas y pequeñas.

### **3.3. TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:**

#### **A) Recopilación de información para la selección de los Plaguicidas empleados para el cultivo de alcachofa.**

Para conocer el tipo de agroquímicos, que cumplan la condición de ser plaguicidas anticolinesterásicos, aplicados en el cultivo de la alcachofa se consultó a los productores locales y comerciantes de agroquímicos de la localidad, asumiendo que la lista de agroquímicos permitidos para el control de plagas de alcachofa agrupa a 46 sustancias (Tabla 5).

#### **B) Etapa preanalítica**

##### Limpieza de material de laboratorio y proceso.

Se procedió a lavar el material de laboratorio con agua corriente, luego con detergente, se enjuagó nuevamente con agua corriente y después con agua destilada y finalmente con etanol.

##### Recolección de las muestras.

La recolección se realizó tomando en consideración las recomendaciones del Manual de Técnicas para Laboratorio de la FAO <sup>(46)</sup>, donde se indica que cuando el material es a granel de 1 a 10 costales, se toma una muestra de cada uno, siendo en todo momento la más representativa. Por muestreo aleatorio se procedió a recolectar 16 muestras según criterios de inclusión, y se depositaron en bolsas de polietileno. Se etiquetaron con el código del puesto y procedencia, y se trasladaron al Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNSLG para mantenerlas en refrigeración a una temperatura de 2° a 8 °C, hasta su tratamiento y análisis.

### Tratamiento de la muestra.

Debido a que los plaguicidas anticolinesterásicos son de acción sistémica, cada muestra vegetal tuvo que ser cortada por la mitad y homogeneizada en licuadora para su posterior análisis. Se pesó 100 g de la muestra preparada.

### **C) Determinación Cualitativa por Cromatografía en Capa Fina (CCF)**

Se aplicó el Protocolo utilizado por la Unidad de Toxicología y Química Legal (UNTOQUIL) del Instituto de Medicina legal y Ciencias Forenses del Ministerio Público del Perú.

#### **FUNDAMENTO DEL MÉTODO:**

La muestra por analizar se deposita cerca de un extremo de una placa o lámina de vidrio o aluminio recubierta con una fina capa de material adsorbente (fase estacionaria). Al ser colocada la lámina en una cubeta herméticamente cerrada que contiene uno o varios solventes mezclados (fase móvil o eluyente), a medida que esta mezcla de solventes asciende por capilaridad a través del adsorbente, se produce un reparto diferencial de los componentes químicos presentes en la muestra (p.ej. plaguicidas) entre el disolvente y el adsorbente.

Debido a que es prácticamente imposible reproducir exactamente las mismas condiciones experimentales, la comparación de una muestra con otra y de una muestra con los patrones (o estándares) debe realizarse efluyéndolos en la misma placa.

La sensibilidad del método de cromatografía de capa fina (CCF) es de 0.5 µg.

## PROCEDIMIENTO:

### Extracción ácida:

Se depositó 100 g de la muestra en un matraz de 300 mL y se adicionó 100 mL de solución de HCl 10 % p/v, verificando que el pH sea aprox. 5.5. Se sometió al calor en un equipo de baño de agua a 50 °C, durante 24 horas, removiendo y manteniendo el nivel de la solución ácida. Seguidamente, se filtró en caliente con ayuda de un embudo y papel Whatman N° 1. Luego, se midió 50 mL del filtrado y se llevó a un embudo de decantación de 250 mL. Se adicionó 25 mL de éter etílico y se agitó vigorosamente por 5 minutos. Se dejó reposar 15 minutos y se separaron las fases. La fase etérea se recibió en un vaso de precipitación de 100 mL y la fase acuosa se descartó. La extracción con éter etílico se repitió por dos veces más y finalmente las fases orgánicas se reunieron.

### Concentración.

La fase etérea se dejó en reposo a temperatura ambiente hasta sequedad. La fase orgánica seca (extracto) se redisolvió con 1 mL de n-hexano, para realizar posteriormente su sembrado sobre las placas cromatográficas, junto con las soluciones patrón o estándar.

### Preparación de los Estándares.

Se procedió de manera similar a la extracción de las muestras, empleando los productos comerciales de los plaguicidas anticolinesterásicos a analizar:

- Organofosforados: Clorpirifos, Diclorvos
- Carbamatos: Carbendazim, Metomilo

Se midió aproximadamente 2.5 mL del producto líquido (Clorpirifos, Diclorvos) o 2.5 g de preparado sólido (Cabendazim, Metomilo) y se adicionó en un volumen de 50 mL de solución ácida, para alcanzar una concentración aproximada del 5 % p/v. Al final del procedimiento, el extracto se redisolvió con 1 mL de n-hexano en un vial.

#### Preparación de la placa de Silicagel G60.

Se utilizaron cromatofolios preparados comercialmente con el adsorbente sílicagel G60 con un tamaño de 20 cm de alto por 20 cm de ancho. Con un lápiz se trazó una línea desde la base inferior a la superior de 2 cm, sin que se dañe el adsorbente impregnado en el cromatofolio. Luego se realizaron trazados de líneas paralelas del extremo izquierdo al derecho para dividir la placa en 9 divisiones, de aprox. 2.2 cm de ancho por 20 cm de alto.

#### Sembrado.

Los cromatofolios fueron activados previo al sembrado en estufa a 100 °C durante 1 hora.

Con ayuda de una micropipeta de vidrio (capilar) se toma una muestra de un vial. Se introdujo la micropipeta y el líquido subió por ella por capilaridad. Al tocar brevemente el cromatofolio con la micropipeta el líquido se absorbió por capilaridad. Se pincha brevemente tres veces en el punto para conseguir una mancha de pequeño tamaño (de 3-4 mm de diámetro y espaciados entre sí en aproximadamente 2 cm) que da mejor resolución. Esta operación se repitió para todas las muestras y los patrones o estándares.

### Elución cromatográfica.

Para equilibrar la fase de vapor en la cuba cromatográfica se introdujo un papel filtro, se agregó el solvente de elución hasta ocupar 1 mL de altura y se esperó que transcurra unos 30 minutos antes de introducir las placas. Transcurrido el tiempo de saturación se introdujeron las placas depositándolas en la base e inclinadas, dejando “correr” o eluir el solvente (fase móvil) hasta un frente de solvente aproximado% partes (15 cm) de la placa cromatográfica con el adsorbente (fase estacionaria). El solvente de elución empleado fue:

Para organofosforados:

- Acetato de etilo

Para carbamatos:

- Acetona : Metanol : Agua 1:1:1

### Revelado.

Se utilizaron cuatro reveladores:

Para organofosforados:

- Cloruro de paladio al 0.1% en HCl 2 N. Calentar a 100°C durante 15 min.
- Cloruro férrico al 0.5% en etanol

Para carbamatos:

- Verde brillante al 0.5% en acetona
- KOH al 5%-Ácido acético al 1N-Fast blue al 1%. Llevar al calor 150°C.

Estos fueron atomizados sobre la placa cromatográfica secada al aire. Un resultado positivo se identifica si los reactivos reveladores atomizados sobre la placa generan manchas claramente diferenciadas tanto para el

estándar como para las muestras sembradas. En ese caso se comparan el color generado en las manchas y los valores del factor de retención (Rf) de las muestras frente a los estándares analizados, no debiendo variar entre ellos en más del 3% (variación  $\pm 3\%$ ) para los fines de identificación. Los valores de Rf y la reproducibilidad pueden verse afectados por factores como: grosor de la capa, humedad en la placa, saturación del recipiente, temperatura, profundidad de la fase móvil, naturaleza de la placa, tamaño de la muestra y parámetros del solvente <sup>(47)</sup>.

#### **D) Determinación cuantitativa por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)**

Como el examen cualitativo por cromatografía de capa fina resultó negativo para todas las muestras de alcachofa, se descartó la realización del análisis cuantitativo por cromatografía líquida de alta resolución.

#### **3.4. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN:**

Una vez obtenida la recolección de datos, se realizó la organización e introducción de estos en una base de datos en el programa Microsoft Excel, reportando los resultados en base a la distribución de frecuencias y porcentajes y su presentación a través de tablas y gráficos.

#### **3.5. ASPECTOS ÉTICOS:**

Por la naturaleza de la investigación, el presente trabajo no se requirió declarar o considerar aspectos éticos, por cuanto, no se experimentó o realizó una intervención en animales de experimentación o seres humanos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS GENERALES DEL ANÁLISIS CUALITATIVO POR CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA (CCF):

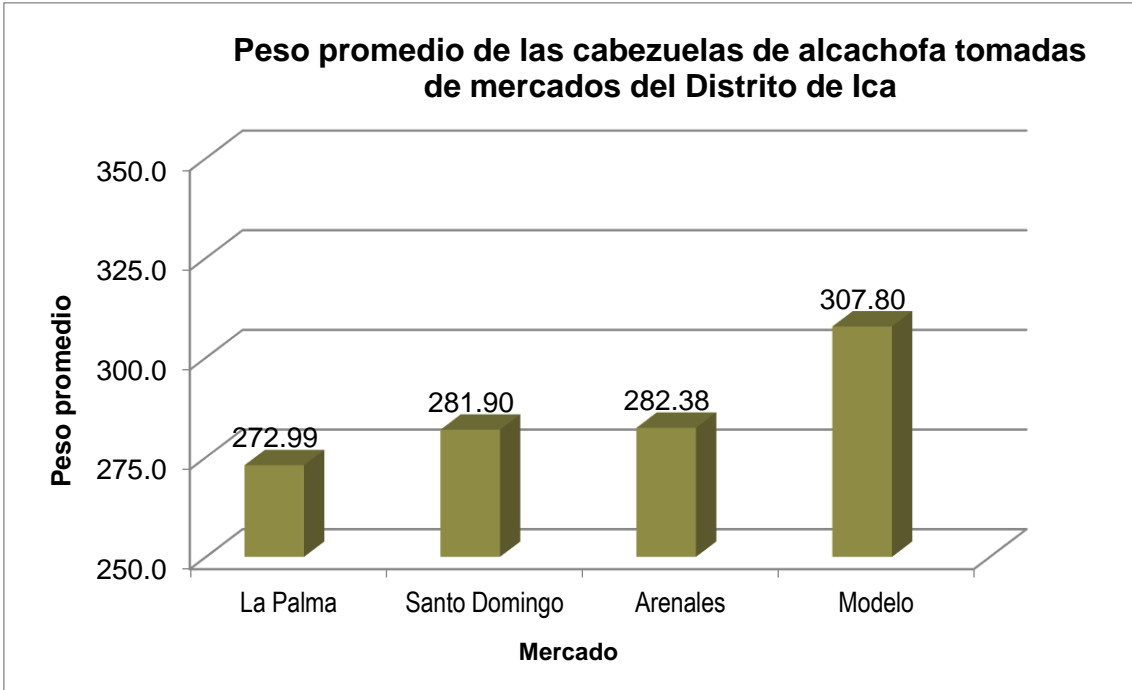
Tabla 6.

*Muestras de alcachofa fresca (Cynara scolymus L.) según proveedor, procedencia, peso y presencia de plaguicidas anticolinesterásicos*

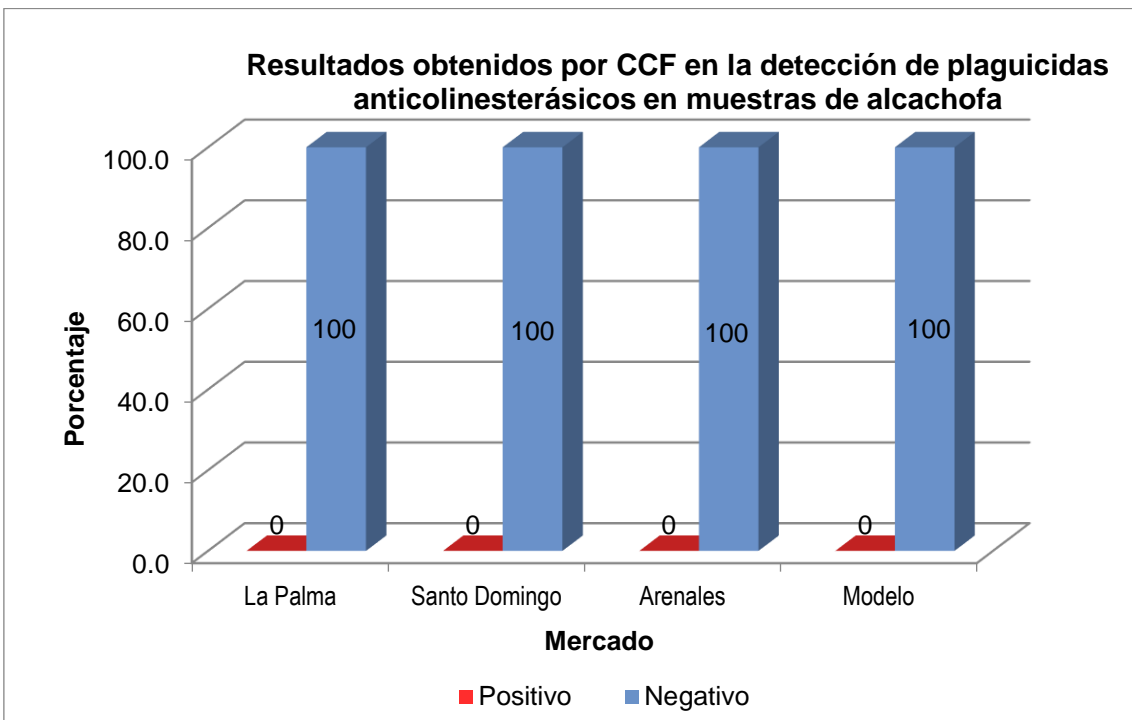
N° Muestra	Lugar de venta	Procedencia	N° de bolsas	Alcachofas en venta	N° de muestras	Peso (g)	Resultado*
1	Mercado La Palma	Ica	1	6	1	297.49	-
2	Mercado La Palma	Ica	1	4	1	242.17	-
3	Mercado La Palma	Ica	1	4	1	241.96	-
4	Mercado La Palma	Junín	1	3	1	310.34	-
5	Mercado Santo Domingo	Junín	1	3	1	299.54	-
6	Mercado Santo Domingo	Junín	1	5	1	276.33	-
7	Mercado Santo Domingo	Junín	1	2	1	250.06	-
8	Mercado Santo Domingo	Junín	1	1	1	301.67	-
9	Mercado Arenales	Junín	1	6	1	313.15	-
10	Mercado Arenales	Ica	1	8	1	263.22	-
11	Mercado Arenales	Junín	1	7	1	288.10	-
12	Mercado Arenales	Junín	1	5	1	265.05	-
13	Mercad Modelo	Ica	1	6	1	328.79	-
14	Mercad Modelo	Junín	1	4	1	319.41	-
15	Mercad Modelo	Ica	1	8	1	303.44	-
16	Mercad Modelo	Junín	1	5	1	279.56	-

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

Referencias: \* Resultado al análisis cualitativo por CCF: + positivo; - negativo



**Figura 5.** Gráfica de barras de la distribución del peso promedio de las inflorescencias inmaduras de alcachofa (*Cynara scolymus L.*) tomadas de mercados minoristas y mayoristas del Distrito de Ica



**Figura 6.** Gráfica de barras de la distribución de resultados obtenidos en la detección de plaguicidas anticolinesterásicos por cromatografía de capa fina en muestras de inflorescencia tomadas de mercados del Distrito de Ica.

**Tabla 7.**

**Resultados al Análisis Cualitativo por Cromatografía de Capa Fina de Extractos ácidos de inflorescencias inmaduras de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) frente al Estándar del insecticida organofosforado Clorpirifos<sup>a</sup>**

Revelador	Cloruro de Paladio				Cloruro férrico			
	N° Muestra	Forma mancha	Color mancha	Rf <sup>b</sup>	Resultado <sup>c</sup>	Forma mancha	Color mancha	Rf <sup>b</sup>
<b>Patrón Clorpirifos</b>	Redonda	amarillo	0.673	+	Redonda	azul violáceo	0.667	+
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Patrón Clorpirifos</b>	Redonda	amarillo	0.680	+	Redonda	azul violáceo	0.660	+
9	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

Referencias: a. Sistema elución: Acetato de etilo.

b. Rf 0.669 (Según IAEA, 2015<sup>48</sup>)

c. Resultado al análisis cualitativo CCF: + positivo; - negativo.

Tabla 8.

**Resultados al Análisis Cualitativo por Cromatografía de Capa Fina de Extractos ácidos de inflorescencias inmaduras de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) frente al Estándar del plaguicida organofosforado Diclorvos<sup>a</sup>**

Revelador	Cloruro de Paladio				Cloruro férrico			
	N° Muestra	Forma mancha	Color mancha	Rf <sup>b</sup>	Resultado <sup>c</sup>	Forma mancha	Color mancha	Rf <sup>b</sup>
<b>Patrón Diclorvos</b>	Redonda	amarillo anaranjado	0.453	+	Redonda	violáceo	0.471	+
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Patrón Diclorvos</b>	Redonda	amarillo anaranjado	0.460	+	Redonda	violáceo	0.444	+
9	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

Referencias: a. Sistema elución: Acetato de etilo.

b. Rf 0.458 (Según IAEA, 2015<sup>48</sup>)

c. Resultado al análisis cualitativo CCF: + positivo; - negativo.

**Tabla 9.**

**Resultados al Análisis Cualitativo por Cromatografía de Capa Fina de Extractos ácidos de inflorescencias inmaduras de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) frente al Estándar del plaguicida carbamato Carbendazim<sup>a</sup>**

Revelador	Verde brillante				KOH – AcOH – Fast Blue			
	Nº Muestra	Forma mancha	Color mancha	Rf <sup>b</sup>	Resultado <sup>c</sup>	Forma mancha	Color mancha	Rf <sup>b</sup>
<b>Patrón Carbendazim</b>	Redonda	parduzco	0.473	+	Redonda	blanca/magenta	0.446	+
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Patrón Carbendazim</b>	Redonda	parduzco	0.460	+	Redonda	blanca/magenta	0.453	+
9	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

Referencias: a. Sistema elución: Acetona : Metanol : Agua (1:1:1).

b. Rf 0.460 (Según IAEA, 2015<sup>48</sup>)

c. Resultado al análisis cualitativo CCF: + positivo; - negativo.

Tabla 10.

**Resultados al Análisis Cualitativo por Cromatografía de Capa Fina de Extractos ácidos de inflorescencias inmaduras de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) frente al Estándar del plaguicida carbamato Metomilo<sup>a</sup>**

Revelador	Verde brillante				KOH – AcOH – Fast Blue			
	Nº Muestra	Forma mancha	Color mancha	Rf <sup>b</sup>	Resultado <sup>c</sup>	Forma mancha	Color mancha	Rf <sup>b</sup>
<b>Patrón Metomilo</b>	Redonda	crema parduzco	0.700	+	Redonda	blanco/violáceo	0.693	+
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Patrón Metomilo</b>	Redonda	crema parduzco	0.680	+	Redonda	blanco/violáceo	0.687	+
9	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

Referencias: a. Sistema elución: Acetona : Metanol : Agua (1:1:1).

b. Rf 0.690 (Según IAEA, 2015<sup>48</sup>)

c. Resultado al análisis cualitativo CCF: + positivo; - negativo.

#### **4.2. DISCUSIÓN:**

Actualmente una de las principales preocupaciones de la comunidad científica internacional, es la presencia de residuos de plaguicidas en los alimentos y piensos, dada la toxicidad, la bioacumulación y el elevado consumo que representan en la producción agrícola. En nuestro país es muy probable que los alimentos contengan residuos de plaguicidas, y en muchos casos, en niveles que sobrepasan los límites máximos de residuos (LMR) permisibles según recomendación de la FAO/OMS. Sin embargo, para fines de valorar el posible impacto de salud pública de este problema, debemos tener en cuenta que los LMR representan niveles seguros establecidos muy por debajo de los límites toxicológicos, lo cual lleva a inferir que superar dichos niveles no implica necesariamente un problema de seguridad alimentaria. Este razonamiento pretende resaltar que el sobrepasar un LMR estaría incidiendo más sobre la infracción o no cumplimiento de los controles y normas internacionales recomendadas para el comercio nacional e internacional de productos alimenticios que buscan minimizar o evitar impactos agudos o crónicos a la salud humana, animal y el medioambiente.

La revisión bibliográfica nos permite afirmar que para el control de plagas de la alcachofa se encuentra permitido el uso de 46 plaguicidas pertenecientes a 23 grupos químicos (Tabla 5). Dentro de estos los plaguicidas anticolinesterásicos incluyen a dos grupos químicos: los organofosforados y los carbamatos, frecuentemente aplicados con fines insecticidas y fungicidas.

Los plaguicidas anticolinesterásicos permitidos para el control de plagas de la alcachofa incluyen a cinco organofosforados (Clorpirifos, Diclorvos, Glifosato, Glufosinato de amonio y Tolclofos-metilo) y tres carbamatos (Carbendazim, Metomilo y Tiofanato-metilo).

Dado su uso ampliamente reconocido y por las referencias de los productores, se seleccionó para su análisis en las muestras de alcachofa, a los organofosforados Clorpirifos y Diclorvos, y a los carbamatos Carbendazim y Metomilo. El organofosforado Diclorvos y el carbamato Metomilo se encuentran en la categoría I – Extremadamente tóxicos, y el organofosforado Clorpirifos y el carbamato Carbendazim en la categoría III – Moderadamente tóxicos. Por tanto, debe tenerse en cuenta que el presente estudio tuvo como objetivo determinar la presencia o ausencia de plaguicidas anticolinesterásicos, agroquímicos de reconocida toxicidad aguda y potencial toxicidad crónica, en muestras de inflorescencias frescas de alcachofa expandidas en mercados del distrito de Ica. Al respecto se pudo verificar, a través de referencias de los propios comerciantes, que las alcachofas procedían de dos zonas agrícolas de producción masiva de alcachofas de exportación: Junín (valle del Mantaro) e Ica (valle de Chincha). Particularmente, en el estudio se encontró que, de los 16 puestos muestreados, el 62.5% (10/16) expendían alcachofas procedentes de Junín, todas ellas de la variedad criolla (cabezuela con espinas) (Tabla 6).

Evaluando el peso promedio de las inflorescencias frescas de alcachofa, se halló que fue en el mercado minorista Modelo donde se encontró un

mayor peso promedio (307.80 g), seguido del mercado mayorista Arenales (282.38 g), el mercado mayorista Santo Domingo (281.90 g) y las más pequeñas en el mercado minorista La Palma, con un peso promedio de 272.99 g. Cabe indicar que, en este último mercado, la mayor parte de las muestras procedían de Ica (Figura 5, Tabla 6).

Con respecto a la parte analítica, para la extracción de los residuos de plaguicidas, inicialmente se utilizó un método de extracción específico con solventes orgánicos; para ello la muestra triturada con licuadora se maceró con diclorometano y luego el extracto se trató con éter etílico, pero no se observó separación de fases, lo que impidió continuar con el procedimiento extractivo. Debido a esta dificultad operativa se optó por utilizar un método de extracción general en medio ácido, procedimiento utilizado rutinariamente en la Unidad de Toxicología y Química legal del Instituto de Medicina Legal del Ministerio Público y Ciencias Forenses del Ministerio Público del Perú, para obtener una fase acuosa ácida en la que se encontrarían los plaguicidas anticolinesterásicos para extraerlos posteriormente con éter etílico. Ambos procedimientos de extracción tradicionales tienen buenos porcentajes de recuperación, pero en menor cuantía que procedimientos como la Extracción en Fase Sólida (SPE) o el pretratamiento denominado QuEChERS (“Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe”), acrónimo que hace referencia a sus principales ventajas: rápido, sencillo, barato, eficaz, robusto y seguro para la extracción de una amplia variedad de plaguicidas en frutas y verduras con un alto contenido de humedad. A diferencia de ellos, los métodos tradicionales para la

determinación de residuos de plaguicidas en alimentos demandan múltiples pasos, mayor cantidad de muestra, tiempo, altos volúmenes de solventes. Además, no siempre se logra la determinación de plaguicidas de diferentes clases exigiendo múltiples análisis de una sola muestra, por tanto, estos métodos generalmente resultan más complejos.

Al análisis cualitativo mediante técnica cromatográfica en capa fina (CCF), la totalidad de muestras dieron resultados negativos a los reveladores utilizados, es decir, el 100% de las muestras de los cuatro mercados considerados en el estudio dieron negativo (Tabla 6, Figura 6).

Los patrones (controles positivos) mostraron Rfs próximos a los referenciados <sup>(48)</sup>. En el caso del estándar Clorpirifos, aparecieron manchas redondas de color amarillo con el cloruro de paladio (Rf 0.673 y 0.680) y de color azul violáceo con el cloruro férrico (Rf 0.667 y 0.660). (Tabla 7). Igualmente, el estándar Diclorvos evidenció manchas de color amarillo anaranjado con el cloruro de paladio (Rf 0.453 y 0.460) y de color violáceo con el cloruro férrico (Rf 0.471 y 0.444) (Tabla 8). El sistema de solventes utilizado para la elución de los organofosforados fue el acetato de etilo.

En el caso de los patrones de carbamatos, el Carbendazim dio manchas de color parduzco al revelado con verde brillante (Rf 0.473 y 0.460) y manchas blancas sobre fondo magenta con Fast blue (Rf 0.446 y 0.453) (Tabla 9). Finalmente, el Metomilo dio manchas de color crema parduzco con el verde brillante (Rf 0.700 y 0.680) y manchas blancas sobre fondo violáceo con Fast blue (Rf 0.693 y 0.687) (Tabla 10).

Los resultados encontrados en el análisis cualitativo por cromatografía en capa fina (CCF), de acuerdo con un límite de detección de la técnica de 0.5 µg, descartaron la realización del análisis cuantitativo por cromatografía líquida de alta resolución (CLAR). Por tanto, los análisis de laboratorio realizados negaron la hipótesis de estudio planteada de presencia de residuos de plaguicidas anticolinesterásicos (organofosforados y carbamatos) en muestras de inflorescencias frescas de alcachofa tomadas de mercados del distrito de Ica durante los meses de diciembre 2019 y enero 2020.

Asimismo, puede afirmarse que estos resultados estarían confirmando los controles periódicos del Plan Anual de Monitoreo de Contaminantes Químicos en Alimentos Agropecuarios Primarios y Piensos de producción nacional o extranjera aprobado para las ciudades de Piura, La Libertad, Lambayeque, Cajamarca, San Martín, Lima, Ica, Arequipa, Tacna y Puno, que realiza el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA)<sup>(49)</sup>. Al respecto el último informe publicado, reporta que, de las 761 muestras de alimentos de origen vegetal analizadas, 79 muestras fueron no conformes (10.38%); dentro de las cuales se reportaron residuos de 119 plaguicidas que superan o no tienen LMR establecidos por el Codex Alimentarius. Específicamente en el caso del análisis de las muestras de alcachofa se encontró que sólo 5 de un total de 51 muestras analizadas resultaron no conformes (9.80%), todas ellas procedentes de Lima: 02 con residuos de Cipermetrina y 03 con residuos de Carbendazim. Las 10 muestras analizadas de la región Ica resultaron negativas (conformes).

La ausencia de residuos de los plaguicidas analizados representa un hallazgo importante porque permite afirmar que los productores nacionales estarían cumpliendo con la normatividad vigente, ofreciendo al mercado productos libres de plaguicidas anticolinesterásicos, al evitar la aplicación excesiva de estos en los cultivos o al evitar aplicarlos a momentos cercanos de la cosecha. No obstante, hay que enfatizar que el presente estudio tuvo la limitación de haber dirigido el análisis a sólo 2 de los grupos de plaguicidas permitidos para el control de plagas de la alcachofa, no descartándose la posibilidad de la presencia de otros agroquímicos permitidos e incluso prohibidos.

Asimismo, hay que tener en cuenta que la presencia o ausencia de residuos de plaguicidas puede verse afectada por una serie de factores que llevarían a su no detección por el método cromatográfico empleado. Principalmente hay que considerar la posibilidad de que el tiempo transcurrido desde la cosecha a su colocación en puestos de venta ha sido el suficiente para garantizar su degradación y por tanto su ausencia como residuos. Por otro lado, no puede dejar de afirmarse que si bien la CCF es utilizada como un procedimiento general y accesible para el análisis de plaguicidas, su sensibilidad y resolución de los compuestos son mucho menores que la cromatografía de gases y la cromatografía de alta resolución, no descartándose la posibilidad de que los plaguicidas estén presentes a niveles indetectables por la técnica, pero en ese caso si podría asegurarse que no estarían sobrepasando los límites máximos de residuos recomendados por la FAO/OMS<sup>(50, 51, 52)</sup>.

## **CONCLUSIONES**

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente trabajo y los resultados obtenidos se presenta la siguiente conclusión:

1. Las 16 muestras de inflorescencias frescas (involucros) de alcachofa (*Cynara scolymus L.*) no presentaron residuos de los plaguicidas organofosforados Clorpirifos y Diclorvos, y los carbamatos Carbendazim y Metomilo, al análisis cualitativo por Cromatografía de Capa Fina (CCF).
2. La no presencia de residuos de plaguicidas anticolinesterásicos en muestras de alcachofa tomadas de cuatro mercados del distrito de Ica confirma reportes de monitoreo anual que realiza el Servicio Nacional de Sanidad Agraria a muestras control de campo, mercado y empacadoras.

## **RECOMENDACIONES**

1. Realizar la identificación y cuantificación de plaguicidas anticolinesterásicos en otras frutas y vegetales de consumo habitual en la Región Ica.
2. Implementar la aplicación del método de QuEChERS en la determinación de los diversos grupos de plaguicidas en el Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

1. NIVIA E. Los plaguicidas en Colombia. Revista Semillas. 2004. [Consultado, 01 de abril 2020]. Disponible en: <http://www.semillas.org.co/sitio.shtml?apc=e1b-30353-30353&x=20154645>.
2. AGQ Labs Perú. VII Jornada de Inocuidad Alimentaria “Principales residuos de plaguicidas en alimentos” Lima–Perú. 2016. [Consultado, 01 de abril 2020]. Disponible en: [http://www.agq.com.es/documentos/Estadisticas\\_2016\\_AGQ\\_Peru\\_SAC.pdf](http://www.agq.com.es/documentos/Estadisticas_2016_AGQ_Peru_SAC.pdf)
3. REPETTO M, REPETTO G. Toxicología Fundamental. 4° edición. Ediciones Díaz de Santos, Sevilla; 2009.
4. MINISTERIO DE SALUD (MINSa). Resolución Ministerial N° 1006-2016/MINSa con NTS N° 128-MINSa/2016/DIGESA. “Norma Sanitaria que establece los Límites Máximo de Residuos (LMR) de plaguicidas de uso agrícola en alimentos de consumo humano”. 2016.
5. ASOCIACIÓN DE EXPORTADORES [ADEX]. 2016. Producción mensual de Alcachofa, según región o subregión. 2014/2015. Lima. [Consultado, 01 de abril 2020]. Disponible en: <http://www.adexperu.org.pe/index.php>
6. SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA (SENASA). Informe del monitoreo de residuos químicos y otros contaminantes en alimentos agropecuarios primarios, año 2017. Lima, 2018.
7. SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). Programa de Monitoreo de Residuos de Plaguicidas en Vegetales. RAP-AI-Chile. 2007.
8. VALLE P. Toxicología de los Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México; Instituto Nacional de Salud Pública. 2000.

9. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (MINAGRI). D.S. N° 004-2011-AG. Reglamento Inocuidad Agroalimentaria. Diario Oficial El Peruano. 2011
10. CABRAS P, ANGIONI A, et al. Pesticide residues in artichokes: effect of different head shape. *J. Environ. Sci. Health.* 1996; 31(6): 1189-1199.
11. KUMARI B, KUMAR R, et al. Magnitude of pesticidal contamination in winter vegetables from Hisar, Haryana. *Environ. Monit. Assess.* 2003; 87: 311–318.
12. CHAVARRI MJ, HERRERA A, ARIO A. Pesticide residues in field-sprayed and processed fruits and vegetables. *J Sci Food Agric.* 2004; 84:1253-1259.
13. LIU M, Hashi Y, Song Y, Lin JM. Simultaneous determination of carbamate and organophosphorus pesticides in fruits and vegetables by liquid chromatography-mass spectrometry. *J. Chromatogr. A.* 2005; 1097:183-187.
14. SOTO JJ. Nuevas aportaciones al análisis de residuos de plaguicidas y antibióticos en aguas y alimentos. [Tesis Doctoral]. Granada: Universidad de Granada; 2007.
15. GARCÍA J. Análisis y determinación de residuos de plaguicidas organofosforados en plátano (*Musa cabendishi*) cultivado en el Estado de Colima. [Tesis]. Jalisco: Universidad de Guadalajara; 2008.
16. QUINTERO A, CASELLES MJ, ETTIENE G, et al. Bull. Monitoring of Organophosphorus Pesticide Residues in Vegetables of Agricultural Area in Venezuela. *Environm. Contam. Toxicol.* 2008; 81: 393–396.
17. DARKO G, AKOTO O. Dietary intake of organophosphorus pesticide residues through vegetables from Kumasi, Ghana. *Food Chem. Toxicol.* 2008; 46: 3703–3706.

18. KNEZEVIC Z, SERDAR M. Screening of fresh fruit and vegetables for pesticide residues on Croatian market. *Food Control*. 2009; 20: 419–422.
19. MACHADO I. Estudios conjunto de trazas de metales y compuestos orgánicos en alcachofa (*Cynara scolymus*), como insumos para evaluar su calidad nutracéutica e inocuidad alimentaria. [Tesis Doctoral]. Montevideo: Universidad de la República; 2016.
20. SIMÓ J. Métodos de extracción y determinación de plaguicidas por Cromatografía de Gases-Masas (GC-MS/MS) en muestras de origen vegetal. [Tesis de Máster]. Granada: Universidad Nacional de Educación a Distancia; 2018.
21. MILLA OM, PALOMINO WR. Niveles de colinesterasa sérica en agricultores de la localidad de Carapongo (Perú) y determinación de residuos de plaguicidas inhibidores de la acetilcolinesterasa en frutas y hortalizas cultivadas. [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2002.
22. AQUINO MS, CASTRO CC. Análisis de residuo de plaguicida organofosforado (Methamidophos) en muestras de papa de mercados de Lima Metropolitana. [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2008.
23. CAMPOS C, PALACIOS A. Determinación por HPLC de residuos de insecticida organofosforado (Methamidophos) en tomates comercializados en Lima- Perú. [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor San Marcos; 2010.
24. VELÁSQUEZ J. Determinación de plaguicidas organofosforados en lechugas comercializadas en Puestos del Mercado Modelo de la ciudad de

- Cajamarca, octubre - 2015. [Tesis]. Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo; 2016.
25. LIZANO JV. Evaluación química toxicológica de los plaguicidas organofosforados en agricultores, y en uvas y manzanas. [Tesis de Magister]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2016.
26. REYNOSO JC. Alternativa para la determinación de Clorpirifós y Metamidofos por Cromatografía en Capa Fina en suelos. [Tesis]. Arequipa: Universidad Privada Autónoma del sur; 2018.
27. BULEJE MG, PALACIOS E, SANDOVAL CA Y CORONADO H. Análisis toxicológico de residuos de plaguicidas organofosforados en papa y tomates que se expenden en mercados del Cercado de Cañete. [Tesis]. Ica: Universidad Nacional San Luis Gonzaga; 1994.
28. JHONG F, RAMÍREZ R. Identificación por cromatografía de capa fina de insecticidas organofosforados presentes en *Lycopersicon esculentum* (Tomate) que se comercializan en los principales mercados de Ica. Año 2000. [Tesis]. Ica: Universidad Nacional San Luis Gonzaga; 2001.
29. CALABRESE, N. From Mediterranean basin to the Andean mountains, the long journey of the artichoke that unites different people and cultures. Acta Horticulturae 2016. [Consultado, 01 de abril 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1147.4>.
30. GATTO A, DE PAOLA D, et al. Population structure of *Cynara cardunculus* complex and the origin of the conspecific crops artichoke and cardoon. Annals of Botany. 2013. [Consultado, 01 de abril 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mct150>.

31. INSTITUTO PERUANO DEL ESPÁRRAGO Y HORTALIZAS (IPEH), Zonas de Producción de Alcachofa, 2011. [Consultado, 07 de abril 2020]. Disponible en: <http://www.ipeh.org/alca-zp.asp>
32. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). Manual de producción de alcachofas. Boletín INIA N° 359. La Serena, 2018.
33. ROBLES F. La Alcachofa: Nueva alternativa para la agricultura peruana. Prompex-Cesem. 09-10. 2001.
34. VILLAR A, ABAD M. Hojas de alcachofa: Indicaciones terapéuticas. Farmacia Profesional. 2004; 18 (11): 58-61.
35. QUISPE J. Análisis del cultivo de alcachofa en la zona andina del Perú. Rev. Inv. Puriq 2019; 1(2): 174-188.
36. SISTEMA INTEGRADO DE ESTADÍSTICA AGRARIA (SIEA). Boletín Estadístico "el Agro en cifras". Lima, 2015.
37. MENDOZA A. Manejo del cultivo de la alcachofa sin espinas en condiciones de costa. INIA, Lima, 1998.
38. DEVINE G, EZA D, OGUSUKU E, URLONG MJ. Uso de Insecticidas: Contexto y consecuencias ecológicas. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2008; 25(1): 74-100.
39. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Análisis de residuos de plaguicidas en laboratorios de inspección alimentaria. 1994. Roma-Italia. [Consultado, 01 de abril 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org /3/a-t0702s.pdf>
40. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification.

Stuttgart, 2010.

41. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Manual de Procedimiento. Comisión del Codex Alimentarius. Roma, 2015.
42. COSCOLLÁ R. Residuos de plaguicidas en alimentos vegetales. 1ª Edición. Ed. Mundi- Prensa. Madrid. España, 1993.
43. MAZZARELLA D. Residuos de Productos Fitosanitarios. Criterios Regulatorios Locales e Internacionales. Instituto Internacional de Ciencias de la Vida. ILSI. Buenos Aires, 2016
44. VILLANUEVA E. Medicina legal y Toxicología. Séptima Edición. Barcelona: Elsevier S.A.; 2018.
45. GONZALES FJ, y colab. Manual para la obtención del carné de manipulador de plaguicidas de uso fitosanitario. Nivel cualificado Valencia, 2002.
46. OLVERA M, MARTÍNEZ C, REAL E. Manual de Técnicas para Laboratorio de Nutrición de Peces y Crustáceos. Depósito de documentos de la FAO, 1993. [Consultado, 01 de abril 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/AB489S/AB489S02.htm>
47. UC DAVIS OFFICE. Thin Layer Chromatography. LibreTexts Project. University of California, 2019. [Consultado, 01 de mayo 2020]. Disponible en: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Ancillary\\_Materials/Demos%2C\\_Techniques%2C\\_and\\_Experiments/General\\_Lab\\_Techniques/Thin\\_Layer\\_Chromatography](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Ancillary_Materials/Demos%2C_Techniques%2C_and_Experiments/General_Lab_Techniques/Thin_Layer_Chromatography).
48. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Validation of thin-layer chromatographic methods for pesticide residue análisis. Results of the

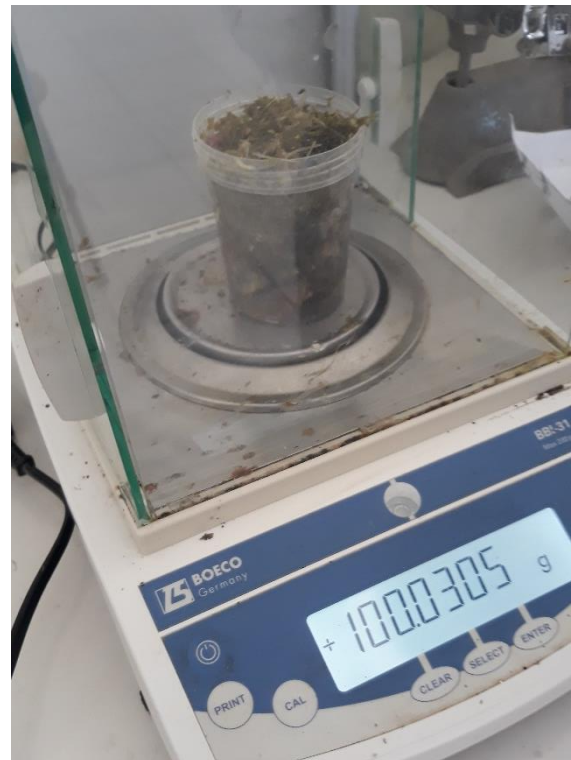
- coordinated research projects organized by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture 1996–2002. Vienna, 2005.
49. SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA (SENASA). Sistema Integrado de Gestión de Insumos Agrícolas. Setiembre-2016.
50. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Normas Oficiales del Codex Alimentarius, LMR de plaguicidas. Versión 2010. [Consultado, 01 de abril 2020]. Disponible en: [http://www. codexalimentarius.net/mrls/pestdes/jsp/pestqs.jsp](http://www.codexalimentarius.net/mrls/pestdes/jsp/pestqs.jsp)
51. BEDMAR, FRANCISCO. Informe especial plaguicidas agrícolas. En: Ciencia Hoy, Abril – Mayo, 2011, Vol. 21, No 122, 57 p.
52. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS) - ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas. Roma, 2014.

## ANEXO

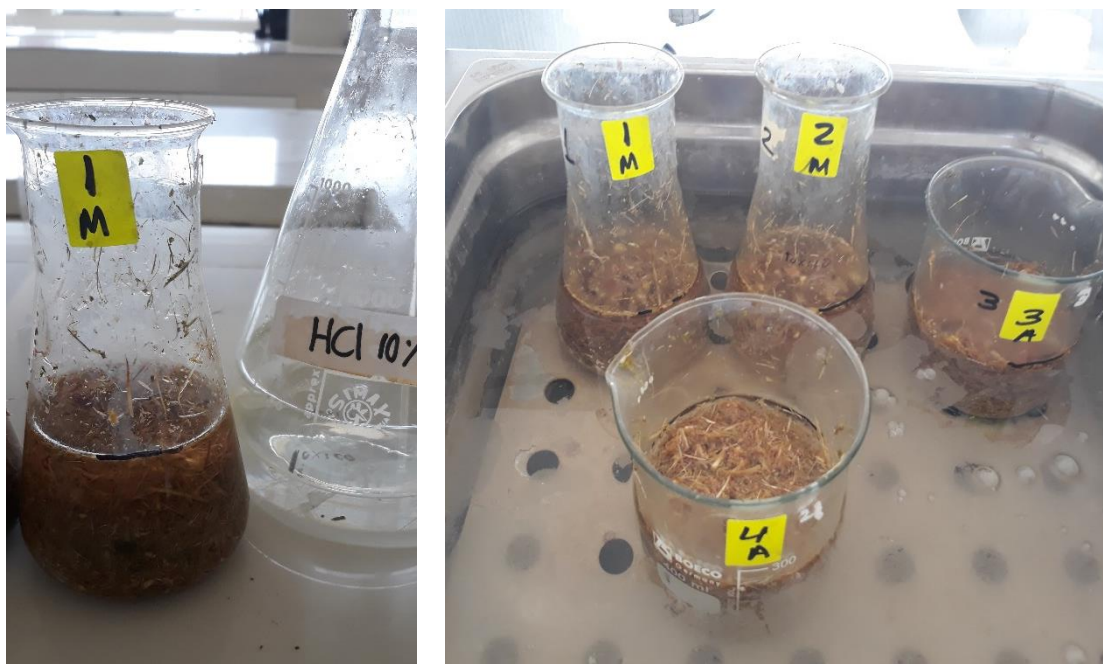
### IMÁGENES DE LOS PROCEDIMIENTOS Y ENSAYOS REALIZADOS EN LA EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN



**Figura 7.** Imágenes de inflorescencias inmaduras de alcachofa con espinas (*Cynara scolymus* L.) en puestos de venta de mercados del Distrito de Ica-Perú.



**Figura 8.** Imágenes del tratamiento de la muestra en la etapa preanalítica: cortado y homogeneizado en licuadora de las inflorescencias de alcachofa (*Cynara scolymus L.*).



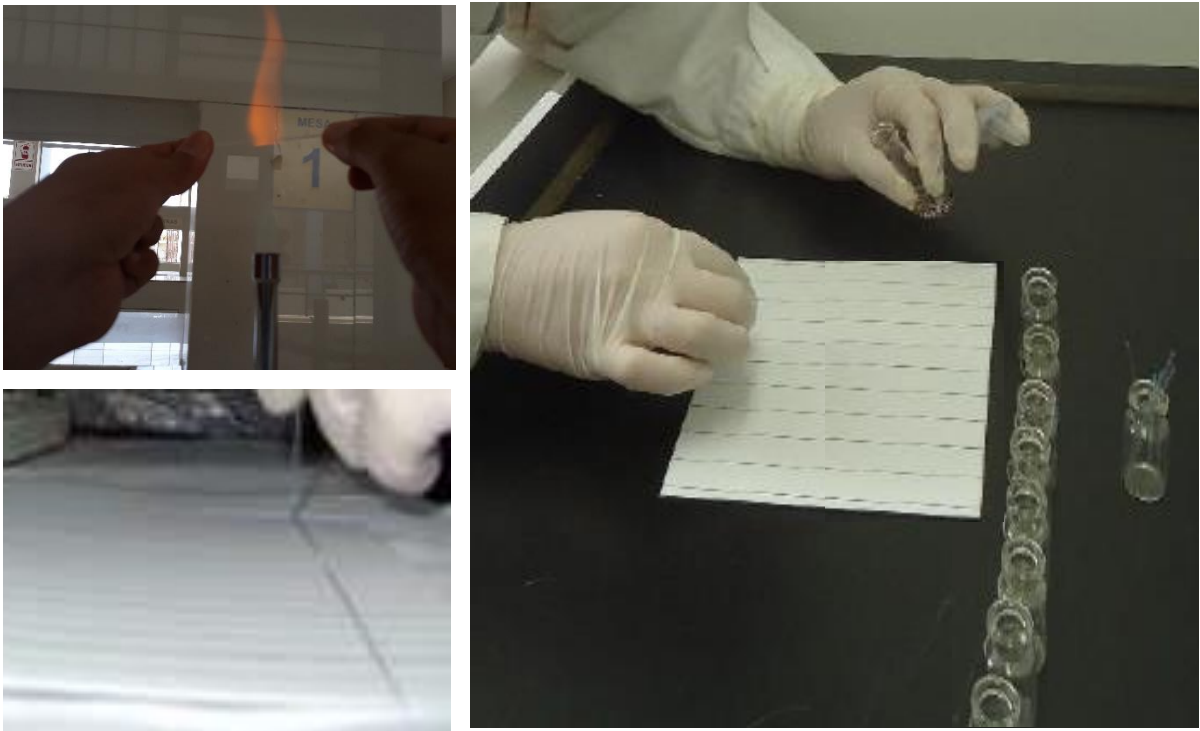
**Figura 9.** Imágenes del tratamiento de la muestra en la etapa preanalítica: Extracción ácida con HCl 10% del homogeneizado de las inflorescencias de alcachofa (*Cynara scolymus* L.).



**Figura 10.** Imágenes del tratamiento de la muestra en la etapa preanalítica: Concentración de los extractos etéreos del homogeneizado de las inflorescencias de alcachofa (*Cynara scolymus* L.).



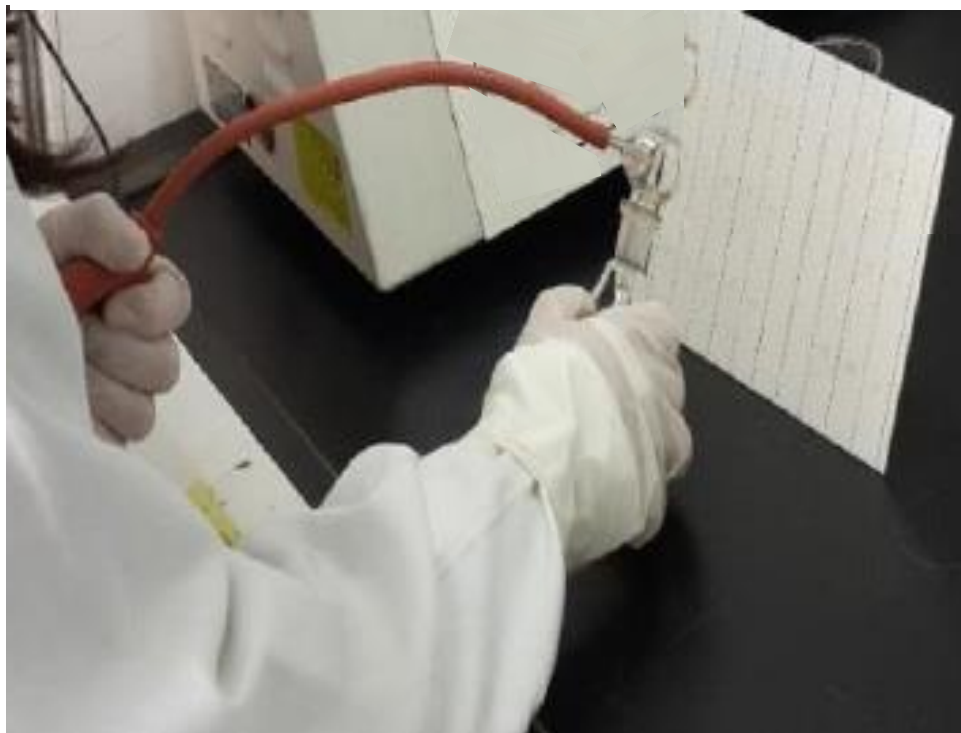
**Figura 11.** Imágenes de la determinación cualitativa por CCF: Preparación de los extractos de los patrones o estándares de plaguicidas anticolinesterásicos



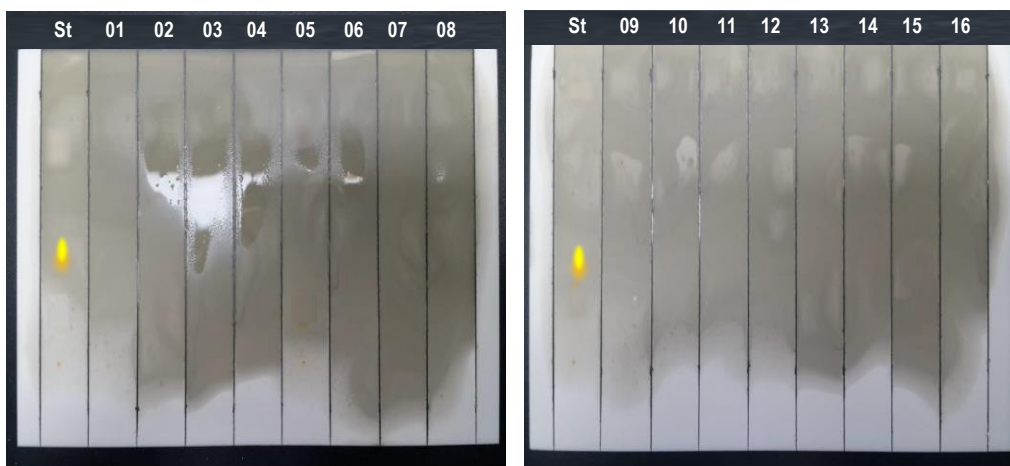
**Figura 12.** Imágenes de la determinación cualitativa por CCF: Preparación de micropipetas y sembrado del estándar y muestras en la placa



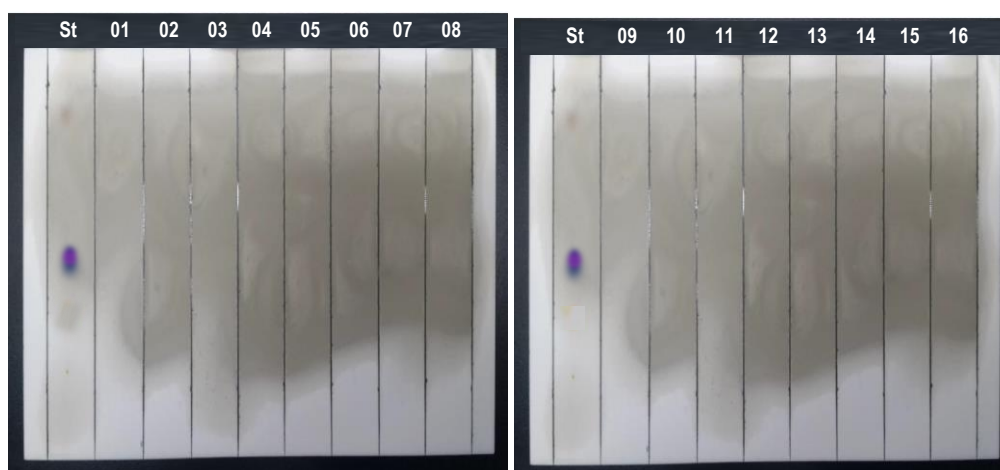
**Figura 13.** Imágenes de la determinación cualitativa por CCF: Elución cromatográfica hasta el frente del solvente (15 cm)



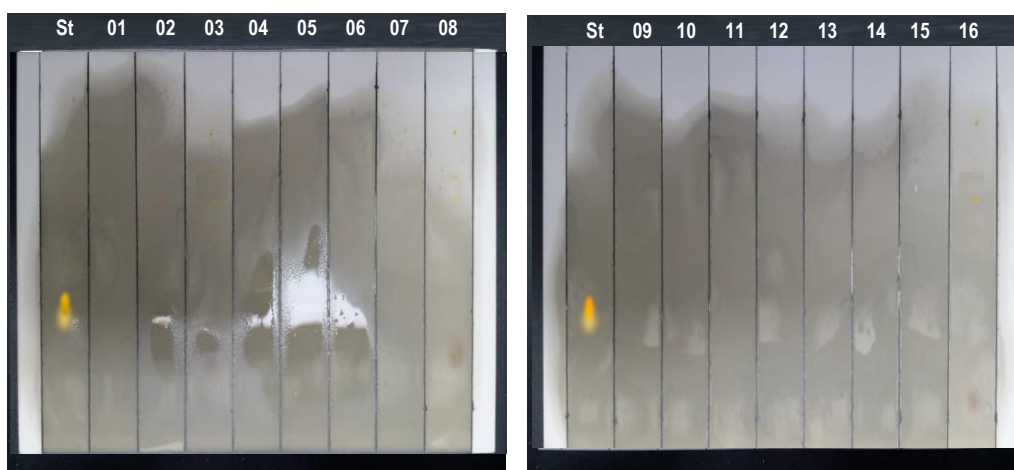
**Figura 14.** Imágenes de la determinación cualitativa por CCF: Pulverización de las soluciones reactivas para el revelado de las manchas



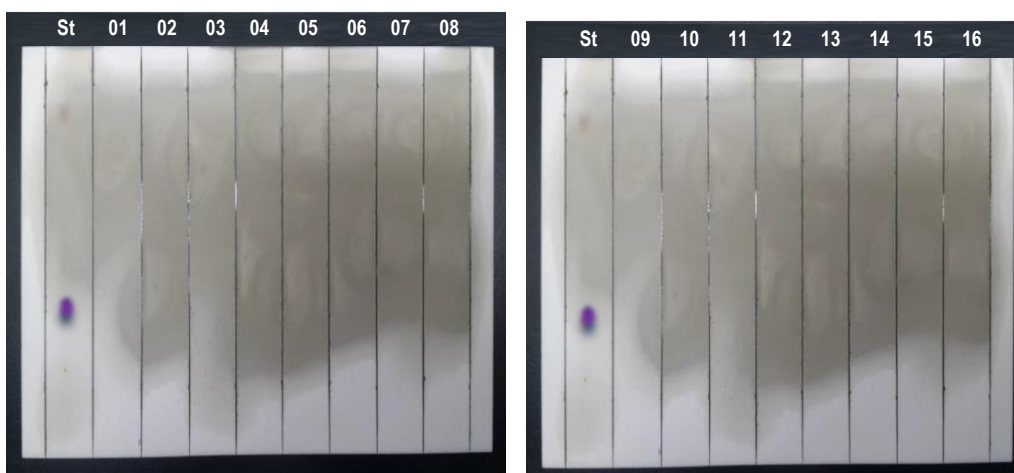
**Figura 15.** Imágenes de la determinación cualitativa por CCF: Placas con el estándar de Clorpirifos reveladas con Cloruro de paladio al 0.1%



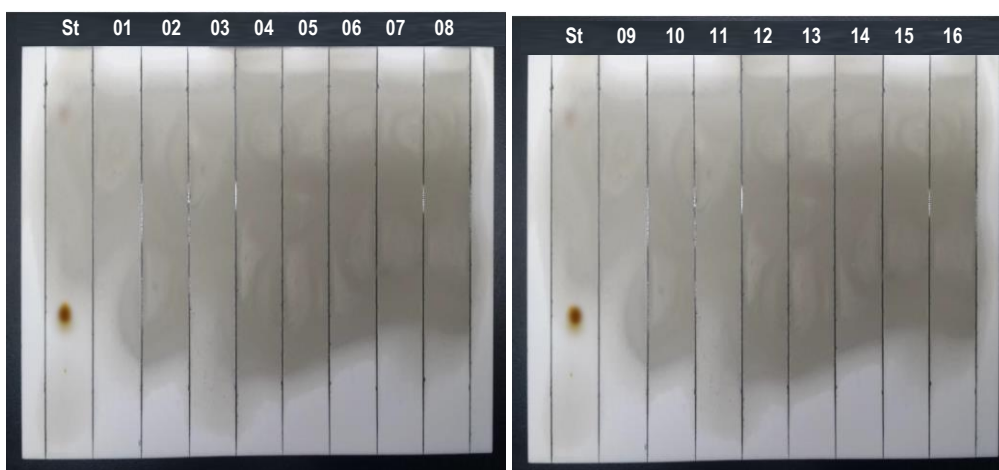
**Figura 16.** Imágenes de la determinación cualitativa por CCF: Placas con el estándar de Clorpirifos reveladas con Cloruro férrico al 0.5%



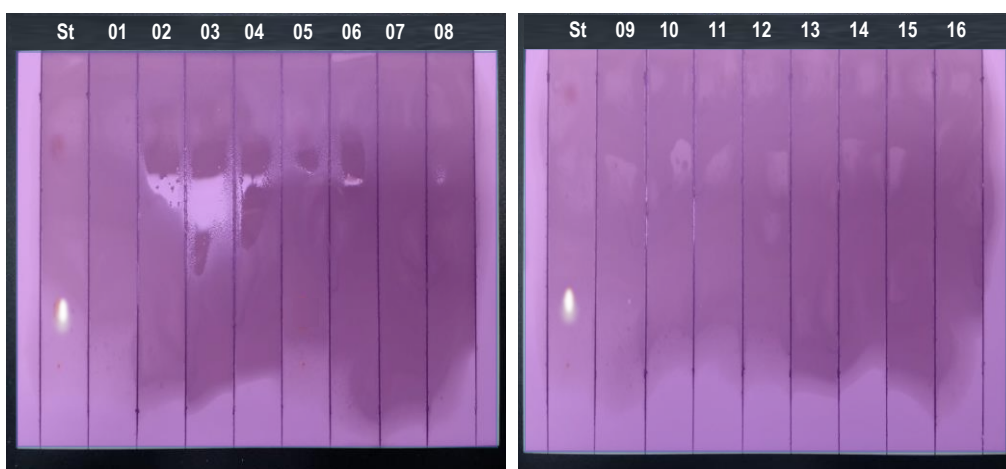
**Figura 17.** Imágenes de la determinación cualitativa por CCF: Placas con el estándar de Diclorvos reveladas con con Cloruro de paladio al 0.1%



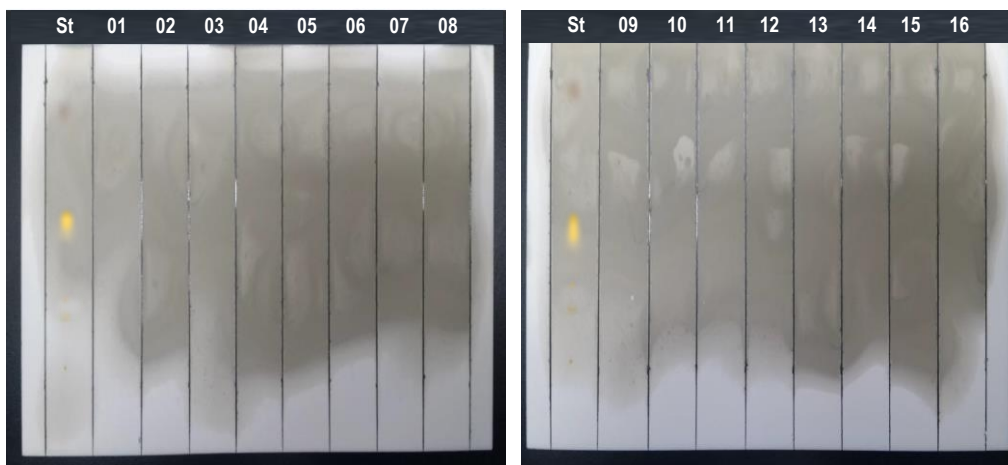
**Figura 18.** Imágenes de la determinación cualitativa por CCF: Placas con el estándar de Diclorvos reveladas con Cloruro férrico al 0.5%



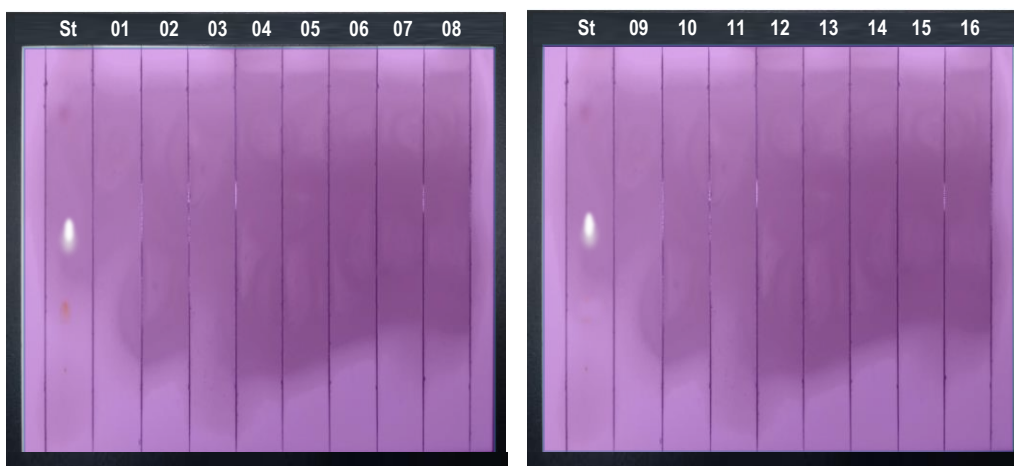
**Figura 19.** Imágenes de la determinación cualitativa por CCF: Placas con el estándar de Carbendazim reveladas con verde brillante



**Figura 20.** Imágenes de la determinación cualitativa por CCF: Placas con el estándar de Carbendazim reveladas con Fast blue



**Figura 21.** Imágenes de la determinación cualitativa por CCF: Placas con el estándar de Metomilo reveladas con con verde brillante



**Figura 22.** Imágenes de la determinación cualitativa por CCF: Placas con el estándar de Metomilo reveladas con Fast blue

## **CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO**

Yo, **JAVIER HERNÁN CHÁVEZ ESPINOZA**, docente de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, adscrito al Departamento Académico de Química Farmacéutica, dejo constancia que el Trabajo de investigación Titulado “**Residuos de plaguicidas anticolinesterásicos en inflorescencias de *Cynara scolymus L.* (Alcachofa) comercializadas en mercados de Distrito de Ica**”, realizado por la **Bach. MONTES TABOADA Doris Lizbeth**, ha sido revisado y evaluado, estando expedito para su sustentación en acto público ante el Jurado Calificador que designe la Comisión de Grados y Títulos.

Ica, 04 de enero del 2021



---

Dr. Q.F. CHÁVEZ ESPINOZA Javier Hernán  
Prof. Principal D.E.  
DNI N° 21465353  
ASESOR

## CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO

Yo, **AMÉRICA JUSTA SOTO CÁRDENAS DE GARCÍA**, docente de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, adscrita al Departamento Académico de Química Farmacéutica, dejo constancia que el Trabajo de investigación Titulado “**Residuos de plaguicidas anticolinesterásicos en inflorescencias de *Cynara scolymus L.* (Alcachofa) comercializadas en mercados de Distrito de Ica**”, realizado por la **Bach. MONTES TABOADA Doris Lizbeth**, ha sido revisado y evaluado, estando expedito para su sustentación en acto público ante el Jurado Calificador que designe la Comisión de Grados y Títulos.

Ica, 04 de enero del 2021

---

Dra. Q.F. SÓTO DE GARCÍA América J.  
Prof. Principal D.E.  
DNI N° 21441922  
ASESORA