

GABRIEL PÉREZ-LUCAS
JOSÉ M. VEIGA DEL BAÑO
SIMÓN NAVARRO

MANUAL PARA EL ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN MATRICES ALIMENTARIAS



**GABRIEL PÉREZ-LUCAS
JOSÉ M. VEIGA DEL BAÑO
SIMÓN NAVARRO**

MANUAL

PARA EL ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN MATRICES ALIMENTARIAS



Madrid • Buenos Aires • México • Bogotá

© Gabriel Pérez-Lucas, José M. Veiga del Baño, Simón Navarro, 2026 (edición ebook)

Reservados todos los derechos.

«No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.»

Ediciones Díaz de Santos

Internet: <http://www.editdiazdesantos.com>

E-mail: ediciones@editdiazdesantos.com

ISBN: 978-84-9052-604-0 (edición papel)

e-ISBN: 978-84-9052-605-7 (edición ebook)

Depósito legal: M-16899-2026

Diseño de cubierta y Fotocomposición: P55 Servicios Culturales

*“A quienes, desde el anonimato del
laboratorio, garantizan la inocuidad de
nuestro sustento. Este esfuerzo os pertenece.”*

Agradecimientos

Gracias a los gestores y especialistas en seguridad alimentaria que compartieron su visión sobre los desafíos actuales de los LMR (Límites Máximos de Residuos) de plaguicidas en el comercio internacional y por ser el recordatorio constante de por qué la inocuidad alimentaria es vital para la sociedad actual; sus perspectivas han contribuido, sin duda, a dar a este texto un enfoque práctico y real.

A nuestras familias y amigos, por su paciencia infinita durante la gestación de esta obra. Gracias por entender que, tras cada página, hubo un tiempo que os pertenecía y que la ciencia —que no entiende de horarios— nos pidió prestado.

Invitación a la lectura

El *Manual para el Análisis de Residuos de Plaguicidas en Matrices Alimentarias* es una obra básica para entender uno de los retos más importantes en la actualidad, que es garantizar alimentos seguros en un mundo donde la producción agrícola y la inocuidad alimentaria deben convivir en equilibrio. A través de un enfoque riguroso, actual y multidisciplinar, los autores nos conducen desde los conceptos fundamentales sobre plaguicidas y sus riesgos hasta las técnicas analíticas más avanzadas para su detección en alimentos.

Su lectura resulta especialmente valiosa para estudiantes, analistas, técnicos de laboratorio, gestores de calidad, profesionales del sector agroalimentario y responsables de la gestión del riesgo relacionada con los residuos de plaguicidas. Este libro contribuye notablemente a la formación de todas aquellas personas interesadas en los aspectos técnicos de los residuos de plaguicidas, revelando el papel crucial que tiene la ciencia analítica en la protección de la salud pública y del medio ambiente.

En definitiva, es una obra completa y muy bien estructurada que invita a profundizar en un ámbito tan complejo y esencial para la seguridad alimentaria del presente y del futuro.

Victorio José Teruel Muñoz

*Subdirector General de Gestión de la Seguridad Alimentaria
Organismo Autónomo Agencia Española de Seguridad Alimentaria y
Nutrición (AESAN)*

ÍNDICE

Agradecimientos	IX
Invitación a la lectura	XI
Prólogo	XVII
Preface	XXI
Listado de abreviaturas.....	XXV
1. Plaguicidas. Características, propiedades y aplicación agrícola.....	1
1.1. Clasificación	4
1.2. Toxicidad.....	6
1.3. Aplicación agrícola.....	9
1.4. Efectos ecotoxicológicos	17
1.5. Estadísticas de uso	22
1.6. Uso de plaguicidas y cambio climático	24
Bibliografía consultada	25
2. Formación y evolución de los residuos de plaguicidas	
 en la planta.....	29
2.1. Naturaleza de los residuos	29
2.2. Expresión de los residuos.....	30
2.3. Factores determinantes del depósito de plaguicida	30
2.4. Eliminación de residuos tras el tratamiento.....	32
2.5. Curvas de disipación de plaguicidas, límites máximos de residuos y plazos de seguridad.....	36
2.6. Transferencia de residuos durante el procesado de productos agroalimentarios	38
2.7. Planes de control de residuos en la UE.....	44
Bibliografía consultada	57

3. Sistemas de gestión para el análisis de residuos de plaguicidas:	
Buenas Prácticas de Laboratorio	
y Norma UNE-EN ISO/IEC 17025	61
3.1. Establecimiento del concepto de BPL	62
3.2. Entidades responsables de la gestión.....	66
3.3. Legislación europea en materia de BPL.....	68
3.4. Principios de un sistema de BPL.....	72
3.5. Principios de un sistema de gestión basado en la	
Norma ISO 17025.....	80
Bibliografía consultada	85
 4. Recolección de muestras para el análisis y preparación	
en el laboratorio.....	87
4.1. Tipos de muestra.....	87
4.2. Principios generales.....	89
4.3. Legislación nacional y europea sobre muestreo de	
productos alimentarios	95
4.4. Recepción y almacenamiento de las muestras	
en el laboratorio	97
4.5. Preparación de muestras en el laboratorio	98
4.6. Incertidumbre de medición derivada del muestreo	100
Bibliografía consultada	104
 5. Aislamiento de residuos y purificación de extractos	105
5.1. Métodos de extracción	106
Bibliografía consultada	132
 6. Métodos instrumentales de análisis	137
6.1. Cromatografía de Gases (GC)	138
6.2. Cromatografía Líquida (LC)	142
6.3. Espectrometría de masas.....	147
6.3. Otras técnicas	152
Bibliografía consultada	155
 7. Validación de métodos analíticos	157
7.1. Parámetros de validación.....	158
7.2. Etapas del proceso de validación	163
7.3. Modificación, revalidación y verificación de métodos	166

7.4. Descriptores de tendencia central y de dispersión de resultados	168
7.5. Guías específicas de validación para el análisis de plaguicidas en alimentos	170
Bibliografía consultada	177
8. Manejo de datos y elaboración de informes	179
8.1. Registros y formatos.....	180
8.2. ELN, LES y LIMS.....	184
8.3. Informes	188
Bibliografía consultada	189
9. Aseguramiento y control de calidad	191
9.1. Aseguramiento de calidad.....	192
9.2. Control de calidad.....	194
9.3. Herramientas gráficas y estadísticas en el control de calidad	198
9.4. Análisis estadístico de los datos	202
Bibliografía consultada	203
10. Software y aplicaciones informáticas en el análisis de residuos de plaguicidas	205
10.1. Usando R con los datos de la validación.....	206
10.2. Usando R para seleccionar la mejor función de calibrado.....	210
10.3. Usando R para visualizar gráficos control	212
10.4. Usando R para analizar los datos del control de calidad	214
10.5. Usando R para cálculos ANOVA	216
10.6. Usando R para otros cálculos	217
Bibliografía consultada	220
Anexos.....	221
Epílogo	251

PRÓLOGO

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Seguridad Alimentaria se define como “el acceso físico y económico de todas las personas, en todo momento, a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos, capaces de satisfacer sus necesidades alimentarias y permitirles llevar una vida activa y sana”. Este concepto se basa en cuatro pilares interrelacionados: i) oferta y disponibilidad de alimentos, ii) estabilidad de la oferta, sin fluctuaciones ni escasez según la época del año, iii) acceso a los alimentos o capacidad para adquirirlos, y iv) buena calidad e inocuidad de estos. En general, las tres primeras premisas se cumplen sin grandes problemas en los países desarrollados, aunque no ocurre lo mismo en los países en vías de desarrollo. Por lo tanto, a la cuarta premisa es a la que habría que prestar especial atención, con el fin de lograr alimentos sanos, de calidad y seguros para el consumidor.

La seguridad alimentaria es clave porque es un derecho humano fundamental, garantiza la salud y la nutrición de la población, contribuye a la estabilidad social y la paz, y es esencial para alcanzar el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 2 de las Naciones Unidas: “Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición, y promover la agricultura sostenible”.

El objetivo de la política de seguridad alimentaria de la UE es proteger la salud y los intereses de los consumidores y garantizar el buen funcionamiento del mercado interior. Para ello, la UE establece normas de control en materia de higiene de los productos alimenticios, salud y bienestar animal, fitosanidad y prevención de riesgos de contaminación por sustancias externas, y vela por su cumplimiento. Esta política se inició a principios de este siglo, de conformidad con el enfoque “de la granja a la mesa”. Así, se garantiza un alto nivel de seguridad de los productos alimenticios comercializados en la UE en todas las etapas de la cadena de producción y distri-

bución, tanto para los alimentos producidos dentro de la UE como para los importados de terceros países.

Para lograr este objetivo, el análisis de residuos de plaguicidas en alimentos es una herramienta fundamental para garantizar el pilar más crítico de la seguridad alimentaria: la calidad e inocuidad, es decir, que los alimentos sean seguros para el consumo humano. Permite confirmar que los alimentos no presentan riesgos para la salud y verificar el cumplimiento de los Límites Máximos de Residuos (LMR) establecidos por el Codex Alimentarius de FAO/OMS y/o por las normativas nacionales o regionales. Además, al recopilar miles de datos, los resultados analíticos permiten evaluar la exposición dietética real de la población a los residuos de plaguicidas, lo cual es crucial para identificar tendencias, evaluar riesgos acumulativos y, si es necesario, ajustar los LMR.

El análisis de residuos es también una herramienta indispensable para el comercio global, ya que garantiza el tercer pilar de la seguridad alimentaria: el acceso. Cumplir con los LMR de los países importadores es una condición obligatoria para exportar productos agrícolas. Los análisis rigurosos basados en estándares internacionales aseguran que todos los países operen bajo las mismas reglas, promoviendo un comercio de alimentos fluido y confiable. Para las empresas agroalimentarias, realizar un análisis oportuno antes de la cosecha o el envío previene el rechazo de cargamentos en destino, lo que implica enormes pérdidas económicas y daños a la reputación. En definitiva, el análisis de residuos de plaguicidas es el mecanismo de verificación que conecta la producción de alimentos con la salud pública, permitiendo aprovechar los beneficios de los plaguicidas (mayor rendimiento y disponibilidad de alimentos) mientras se controlan y mitigan rigurosamente los riesgos para el consumidor.

Por todo ello, con la redacción de esta obra, titulada *Manual para el Análisis de Residuos de Plaguicidas en Matrices Alimentarias*, los autores, todos ellos profesores del Departamento de Química Agrícola de la Universidad de Murcia, con amplia experiencia investigadora y profesional, han pretendido compilar, en los diez capítulos que componen este Manual, los principales aspectos relacionados con el análisis de residuos de plaguicidas en alimentos, desde aquellos esenciales como la formación y evolución de los residuos en el campo, pasando por las etapas necesarias en todo análisis residual (muestreo, extracción y determinación analítica) para terminar con la elaboración de informes y control de calidad en los laboratorios de análisis de acuerdo con las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL).

En Capítulo 1 se introduce el concepto de plaguicida, haciendo hincapié en la necesidad de una utilización racional para poder alimentar a una población que supera los 8.200 millones de habitantes en el momento actual. A continuación, en el Capítulo 2, se comentan los principales aspectos relacionados con la formación y evolución de residuos tras un tratamiento fitosanitario y la transferencia de residuos durante la elaboración de productos agroalimentarios. El Capítulo 3 introduce el concepto y desarrollo de Las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL), conjunto de reglas y procedimientos para garantizar la calidad, integridad y confiabilidad de los datos obtenidos en estudios no clínicos, así como la Norma ISO 17025, sistema de calidad orientado a todo tipo de laboratorios de ensayos no clínicos y laboratorios de calibración. En el Capítulo 4 se resumen los principios necesarios para la recolección de muestras para su análisis y su preparación en laboratorio. En el Capítulo 5 se exponen los principales métodos de extracción de residuos utilizados, profundizando en el método QuEChERS. En el Capítulo 6 se presentan los principales métodos de análisis, con especial referencia a los métodos cromatográficos (GC y LC) en tándem con espectrometría de masas (MS), cuyo gran desafío es la sensibilidad, ya que en determinados casos se requiere llegar a niveles de partes por billón (ppb) o incluso partes por trillón (ppt). Baste decir, que 1 ppb equivale a 31,5 ms/año y 1 ppt a 31,5 μ s/año. El Capítulo 7 está dedicado a dar a conocer los parámetros analíticos necesarios para proceder a la validación de un método analítico, proceso mediante el cual se establece, mediante estudios de laboratorio, que las características de rendimiento del procedimiento cumplen los requisitos para las implicaciones analíticas previstas. En el Capítulo 8 se describe la importancia del manejo de datos y la elaboración de informes, prueba física o electrónica que permite demostrar la conformidad y trazabilidad mostrando las actividades realizadas a través de los datos que incluye el documento. En el Capítulo 9, se establecen los criterios necesarios para llevar a cabo el control de calidad en el laboratorio, mecanismo esencial diseñado para detectar, reducir y corregir deficiencias analíticas internas antes de que se emita un resultado. Su importancia es vital porque garantiza la confiabilidad, precisión y exactitud de los resultados informados. Finalmente, en el Capítulo 10, se resumen las principales aplicaciones informáticas a utilizar en el análisis de residuos.

Por todo lo anterior, esperamos que este Manual pueda ser de interés para técnicos y analistas de laboratorio, así como para gestores de calidad,

estudiantes y especialistas del sector, y que hayamos contribuido, aunque sea modestamente, a estructurar y esclarecer ideas sobre el control de residuos de plaguicidas en alimentos.

Los autores

PREFACE

.....

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) defines food security as “*the physical and economic access of all people, at all times, to sufficient, safe, and nutritious food that enables them to lead active and healthy lives*”. This concept is based on four interrelated pillars: (i) food supply and availability; (ii) stable supply, free of seasonal fluctuations or scarcity; (iii) access to or ability to purchase food; and (iv) good food quality and safety. The first three pillars are generally met without major problems in developed countries, though this is not the case in developing countries. Therefore, special attention should be paid to the fourth pillar in order to ensure consumers have access to healthy, quality, and safe food.

Food security is essential because it is a fundamental human right. It guarantees the health and nutrition of the population and contributes to social stability and peace. Food security is also essential to achieving United Nations Sustainable Development Goal (SDG) number two: “*Ending hunger, achieving food security and improved nutrition, and promoting sustainable agriculture*”.

The EU’s food safety policy aims to protect consumers’ health and interests and ensure the internal market functions smoothly. To this end, the EU establishes control rules regarding the hygiene of foodstuffs, animal health and welfare, and plant health, as well as the prevention of contamination risks from external substances, and ensures compliance. This policy, which began at the start of this century, is based on the “*from farm to fork*” approach. It ensures a high level of food product safety at all stages of the production and distribution chain for food produced within the EU and food imported from third countries.

To achieve this goal, analyzing pesticide residues in food is a fundamental tool for ensuring the most critical aspect of food safety: that food

is safe for human consumption. This analysis confirms that food does not pose health risks and verifies compliance with the maximum residue limits (MRLs) established by the FAO/WHO Codex Alimentarius and/or national or regional regulations. Additionally, analytical results, based on thousands of data points, make it possible to assess the population's actual dietary exposure to pesticide residues. This is crucial for identifying trends, assessing cumulative risks, and adjusting MRLs if necessary.

Residue analysis is an indispensable tool for global trade because it ensures access, the third pillar of food security. Exporting agricultural products requires complying with the maximum residue levels (MRLs) of importing countries. Rigorous analyses based on international standards guarantee that all countries operate under the same rules, thereby promoting smooth and reliable food trade. For agri-food companies, conducting timely analyses before harvest or shipment prevents shipments from being rejected at their destinations, which can result in significant economic losses and reputational damage. In short, residue analysis verifies the connection between food production and public health, enabling the use of pesticides' benefits (e.g., increased yield and food availability) while rigorously controlling and mitigating risks to consumers.

For all these reasons, the authors of this work, entitled *Manual for the Analysis of Pesticide Residues in Food Matrices*, have intended to compile the main aspects related to the analysis of pesticide residues in food in the ten chapters that make up this manual. The authors are all professors of the Department of Agricultural Chemistry at the University of Murcia with extensive research and professional experience. The manual covers essential topics such as the formation and evolution of residues in the field and the necessary stages in all residual analysis, including sampling, extraction, and analytical determination. It also covers the preparation of reports and quality control in analysis laboratories in accordance with Good Laboratory Practices (GLP).

The first chapter introduces the concept of pesticides, emphasizing the need for their rational use to feed a population that currently exceeds 8.2 billion people. The second chapter discusses the main aspects related to the formation and evolution of residues after phytosanitary treatment, as well as the transfer of residues during the production of agricultural products. Chapter 3 introduces Good Laboratory Practices (GLPs), a set of rules and procedures that guarantee the quality, integrity, and reliability of data obtained in nonclinical studies. It also introduces the ISO

17025 standard, which is a quality system for all types of non-clinical testing and calibration laboratories. Chapter 4 summarizes the principles necessary for collecting samples for analysis and preparing them in the laboratory. Chapter 5 presents the primary residue extraction methods, delving into the QuEChERS method. Chapter 6 presents the main analytical methods, with a focus on chromatographic methods (GC and LC) coupled with mass spectrometry (MS). The great challenge of MS is sensitivity, as it is sometimes necessary to detect levels of parts per billion (ppb) or even parts per trillion (ppt). For reference, 1 ppb is equivalent to 31.5 ms/year, and 1 ppt is equivalent to 31.5 μ s/year. Chapter 7 describes the analytical parameters necessary for validating an analytical method. This process establishes, through laboratory studies, that the performance characteristics of the procedure meet the requirements for the expected analytical outcomes. Chapter 8 describes the importance of data management and reporting. This physical or electronic documentation demonstrates conformity and traceability by showing the activities carried out through the included data. Chapter 9 outlines the criteria for laboratory quality control, which is an essential mechanism designed to detect, reduce, and correct internal analytical deficiencies before issuing a result. This process is vital because it ensures reliability, precision, and accuracy of reported results. Finally, Chapter 10 summarizes the main computer applications to be used in residue analysis.

We hope this manual is of interest to laboratory technicians, analysts, quality managers, students, and specialists in the field. We also hope it contributes to the structuring and clarification of ideas on the control of pesticide residues in food, albeit modestly.

The authors

LISTADO DE ABREVIATURAS

AC	Affinity Chromatography
AE	Atomic Emission
AEMPS	Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios
ALC	Adsorption Liquid Chromatography
ALCOA	Atribuibles, Legibles, Contemporáneos, Originales y Exactos (Accurate)
ANOVA	Analysis of Variance
AOAC	Association of Official Analytical Collaboration
APCI	Atmospheric-Pressure Chemical Ionization
APPCC	Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico
APPI	Atmospheric Pressure Photoionization
BPA	Buenas Prácticas Agrícolas
BPC	Buenas Prácticas Clínicas
BPF	Buenas Prácticas de Fabricación
BPL	Buenas Prácticas de Laboratorio
BRC	British Retail Consortium
CE	Capillary Electrophoresis
CI	Chemical Ionization
COP	Compuestos Orgánicos Persistentes
CS	Suspensión de Cápsulas
CV	Coefficiente de Variabilidad
DA	Dyode-Array
DER	Desviación Estándar Relativa
DCM	Diclorometano
DG SANTE	Dirección General de Salud y Seguridad Alimentaria
DL ₅₀	Dosis Letal Media
DLLME	Dispersive Liquid-Liquid Microextraction
DSPME	Dispersive Solid Phase Microextraction
EBDC	Etilén bisditiocarbámicos

EC	Concentrado Emulsionable
ECD	Detector de Captura de Electrones
ECHA	Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas
ECPA	European Crop Protection Association
EFSA	European Food Safety Authority
EI	Electron Impact
ELC	Electrolytic Conductivity
ELISA	Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay
ELN	Electronic Laboratory Notebook
EM	Efecto Matriz
ENAC	Entidad Nacional de Acreditación
ESI	Electrospray Ionization
ETU	Etilén-tiourea
EURL-FV	European Union Reference Laboratory for Pesticide Residues in Food and Feed - Fruits and Vegetables
EW	Emulsión de Aceite en Agua
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FDA	Food and Drug Administration
FI	Flame Ionization
FL	Fluorescence
FP	Flame Photometric
FSMA	Food Safety Modernization Act
FT	Factor de Transferencia
GC	Gas Chromatography
GCB	Graphitized Carbon Black
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Point
HBGA	Health-Based Guidance Values
HBGV	Health-Based Guidance Values
HLS	High Level Structure
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
ICH	International Conference for Harmonization
ICP	Inductively Coupled Plasma
IDA	Ingestión Diaria Admisible
IDE	Ingestión Diaria Estimada
IEXC	Ion Exchange Chromatography
IFS	International Featured Standard
ISO	International Organization for Standardization
IT	Ion Trap
JMPR	The Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues
LC	Liquid Chromatography

LIMS	Laboratory Information Management System
LLE	Liquid liquid Extraction
LLPC	Liquid-Liquid Partition Chromatography
LMR	Límites Máximos de Residuos
LOD	Limit of Detection
LOQ	Limit of Quantitation
LPE	Lista Pública de Ensayos
MACP	Multi-Annual Coordinated Control Programme
MAD	Aceptación Mutua de Datos
MAE	Microwave Assisted Extraction
MALDI	Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization
MC	Monte Carlo
M _d	Mediana
MIP	Manejo Integrado de Plagas
MIP	Molecularly Imprinted Polymers
MLA/MRA	Acuerdos Multilaterales de Reconocimiento Mutuo
M _o	Moda
MP	Mobile Phase
MRM	Métodos Multirresiduos
MRM	Multiple Reaction Monitoring
MS	Mass Spectrometry
MSPD	Matrix Solid Phase Dispersion
NPD	Detector Termoiónico Alcalino
NPR	Nivel Permissible de Residuos
NSE	Nivel sin Efecto
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONA	Organismo Nacional de Acreditación
PCC	Puntos de Control Crítico
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PNT	Procedimientos Normalizados de Trabajo
PNUMA	Plan de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PPP	Plant Protection Product
PPR	Programa Prerrequisitos
PSA	Primary Secondary Amine (N-propildietilamina)
PSAC	President's Science Advisory Committee
PTU	Propilentiourea
QA	Quality Assurance
QC	Quality Control

Q-TOF	Quadrupole Time of Flight Mass Spectrometry
QuEChERS	Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe
QuEChERSER	Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe, Efficient and Robust
REACH	Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias y Preparados Químicos
RMD	R Markdown
RSD	Relative Standard Deviation
S/N	Signal/Noise
SBE	Stir-Bar Sorptive Extraction
SC	Suspensión concentrada
SCF	Fluido Supercrítico
SCIE	Science Citation Index Expanded
SDME	Single-Drop Microextraction
SEC	Size-Exclusion Chromatography
SFE	Supercritical Fluid Extraction
SIM	Selected Ion Monitoring
SL	Concentrado Soluble
SLE	Solid Liquid Extraction
SP	Stationary Phase
SPE	Solid Phase Extraction
SPME	Solid Phase Microextraction
SweEt	Swedish Ethyl Acetate Method
TOF	Time of Flight
TQ/QqQ	Triple Quadrupole
UE	Unión Europea
UGC	Unidad de Garantía de Calidad
UHPLC	Ultra High-Performance Liquid Chromatography
UPC ²	Ultra Performance Convergence Chromatography
USP	United States Pharmacopeia
UV	Ultravioleta
VALLME	Vortex-Assisted Ionic Liquid-Liquid-Liquid Microextraction
WoS	Web of Science
σ	Desviación Estándar
$\bar{X}$	Media

Plaguicidas. Características, propiedades y aplicación agrícola

Los cultivos son afectados por plagas, enfermedades y malezas (malas hierbas) que reducen su vigor y capacidad de producción. Las plagas incluyen fundamentalmente ácaros, insectos, nematodos, caracoles, aves y roedores. Las enfermedades están causadas por microorganismos (virus, bacterias y hongos) y las malezas son aquellas plantas que resultan indeseables para el agricultor en un momento dado al competir con las plantas cultivadas por la luz, nutrientes y agua. Actualmente, existe la tendencia a incluir a todos los organismos perjudiciales, antes mencionados, bajo la denominación común de plagas agrícolas. De manera general, una plaga agrícola es “una población de organismos fitófagos (se alimentan de plantas) que disminuye la producción del cultivo, reduce el valor de la cosecha o incrementa sus costes de producción”. Dicho de otra manera, “cualquier especie, raza, o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales es considerado plaga”. Se trata de un criterio esencialmente económico. No todas las poblaciones de organismos fitófagos constituyen plagas, ni todas las plagas presentan la misma gravedad o persistencia en sus daños. Así, los criterios económicos y ecológicos permiten categorizar a las plagas. Los programas de manejo (control) integrado de plagas se basan en la aplicación de criterios de decisión, en donde un factor clave es la cuantificación de la población plaga.

El concepto de plaga agrícola implica un descenso en el valor/beneficio económico que se obtiene de la cosecha. Puede tratarse de reducciones en la cantidad, en la calidad del producto o en el incremento de los costes de producción. Se entiende por pérdida de calidad “el deterioro en la presentación o aspecto del producto cosechado, o la disminución de su valor nutritivo u otra cualidad que influya en el uso del producto y baje su valor unitario”.

La agricultura actual tiende a una especialización, cuya intensidad depende de la zona o país del que se trate, lo que da lugar al desarrollo de