



Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Impacto ambiental del manejo fitosanitario del cultivo de repollo (*Brassica oleracea* L. var. capitata) en zonas productivas de Jinotega y Matagalpa en la época de postrera de 2022

Autores

**Br. Ariana Rebecca Sánchez Arias
Br. Marilyn Fernanda Zúniga Zúniga**

Asesores

**MSc. Víctor Hugo Rodríguez Salguera
MSc. Markelyn Rodríguez Zamora**

Presentado a la consideración del honorable comité evaluador como requisito final para optar al grado de Ingeniera en Sanidad Vegetal

Managua, Nicaragua

Diciembre, 2023

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero en Sanidad Vegetal

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Ivania Zeledón Castro
Presidente

MSc. Víctor Monzón Ruíz
Secretario

MSc. Trinidad Castillo Arévalo
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 06 de diciembre, 2023

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme vida, salud, inteligencia y fuerza para realizar este trabajo.

A mis padres, hermanos y familia en general por ser un enorme apoyo a lo largo de mi carrera universitaria.

Ariana Rebecca Sánchez Arias

A Dios, por brindarme salud, fortaleza, sabiduría y el deseo de seguir adelante para culminar este trabajo.

A mis padres, Julio Zúniga C. y María José Zúniga H. por brindarme su apoyo incondicional durante todas las etapas de mi vida.

A Yeral Muñoz y Adrián Muñoz Z. por ser gran parte fundamental en mi vida; por el apoyo brindado y el sacrificio que ha significado el poder terminar este trabajo.

A mis hermanos, Marynes y Julio, quienes siempre me brindaron apoyo y consejos de superación para poder lograr esta meta.

A mis abuelos maternos, Teresa Hernández - Arnoldo Zúniga (q.e.p.d), y paternos, Enrique Zúniga (q.e.p.d) - Elva Cáceres (q.e.p.d), que me brindaron su apoyo y enseñaron el camino a la superación.

Marilyn Fernanda Zúniga Zúniga

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindar fuerza y fortaleza continua en nuestra carrera.

A nuestros asesores, los profesores Víctor Hugo Rodríguez Salguera y Markelyn Rodríguez Zamora, quienes han sido personas fundamentales en esta tarea, por su apoyo y paciencia.

A nuestra Alma Máter, la Universidad Nacional Agraria, por permitir nuestro crecimiento intelectual.

A los docentes del Departamento de Protección Agrícola y Forestal, por el esfuerzo y dedicación en sus enseñanzas y por estar dispuestos a esclarecer dudas de los tópicos abordados en clase.

Al Ing. Wilmer Lanzas, por disponer de su tiempo para colaborar en la búsqueda de productores de repollo en Matagalpa.

A los productores encuestados que nos brindaron la información sobre el manejo fitosanitario en repollo necesaria para este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| SECCIÓN | PÁGINA |
|--|---------------|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTO | ii |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | iii |
| ÍNDICE DE CUADROS | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vi |
| ÍNDICE DE ANEXOS | vii |
| RESUMEN | viii |
| ABSTRACT | ix |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. OBJETIVOS | 3 |
| 2.1. Objetivo general | 3 |
| 2.2. Objetivos específicos | 3 |
| III. MARCO DE REFERENCIA | 4 |
| 3.1. Origen y distribución del repollo | 4 |
| 3.2. Principales problemas fitosanitarios del repollo en Nicaragua | 4 |
| 3.3. Manejo fitosanitario del repollo basado en productos sintéticos | 6 |
| 3.3.1. Grupos químicos utilizados en el cultivo de repollo | 6 |
| 3.4. Marco regulatorio de la gestión de plaguicidas en algunos países Latinoamericanos | 7 |
| 3.5. Reglamentación nacional sobre el uso de plaguicidas | 10 |
| 3.6. Desarrollo de políticas para mejorar la gestión de plaguicidas | 12 |
| 3.6.1. Sustancias químicas con potencial carcinogénico | 14 |
| 3.7. Uso del equipo de protección personal, una práctica que debería de ser obligatoria | 14 |
| 3.8. Gestión de envases vacíos derivados de actividades agropecuarias | 15 |
| 3.9. Resoluciones ministeriales relacionados con la prohibición de ingredientes activos y criterios para determinar plaguicidas altamente peligrosos | 17 |
| 3.10. La capacitación de los productores en la toma de decisiones del manejo del repollo | 18 |
| 3.11. Periodos de carencia de plaguicidas y su relación con la salud pública | 19 |
| 3.12. Cociente de Impacto Ambiental | 21 |

| | |
|--|-----------|
| IV. MATERIALES Y MÉTODOS | 23 |
| 4.1. Ubicación y fecha del estudio | 23 |
| 4.2. Diseño metodológico | 24 |
| 4.3. Recolección de datos | 25 |
| 4.4. Análisis de información secundaria | 26 |
| 4.4.1. Identificación de grupos químicos utilizados por los productores | 26 |
| 4.4.2. Determinación de periodos de carencia | 26 |
| 4.4.3. Cálculo del impacto ambiental del uso de plaguicidas en el cultivo de repollo | 27 |
| 4.5. Variables evaluadas | 28 |
| 4.6. Análisis de datos | 31 |
| V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 32 |
| 5.1. Caracterización del manejo fitosanitario en el cultivo de repollo | 32 |
| 5.1.1. Información general del productor | 32 |
| 5.1.2. Información de la parcela | 33 |
| 5.1.3. Experiencia productiva capacitación y asistencia técnica | 34 |
| 5.1.4. Principales problemas fitosanitarios en el cultivo de repollo | 39 |
| 5.2. Grupos químicos usados en Jinotega y Matagalpa y periodos de carencia de plaguicidas | 41 |
| 5.2.1. Grupos químicos utilizados para el manejo de plagas insectiles | 41 |
| 5.2.2. Grupos químicos utilizados para el manejo de enfermedades | 44 |
| 5.2.3. Grupos químicos utilizados para el manejo de malezas | 47 |
| 5.2.4. Aplicaciones de productos y periodos de carencia | 48 |
| 5.3. Prácticas y consecuencias asociadas al mal uso de agroquímicos e impacto ambiental de los pesticidas aplicados en el cultivo de repollo | 52 |
| 5.3.1. Prácticas empleadas por productores al aplicar productos fitosanitarios | 52 |
| 5.3.2. Impacto ambiental de plaguicidas usados en el cultivo de repollo en las zonas de Jinotega y Matagalpa | 58 |
| VI. CONCLUSIONES | 62 |
| VII. RECOMENDACIONES | 63 |
| VIII. LITERATURA CITADA | 64 |
| IX. ANEXOS | 70 |

ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO | | PÁGINA |
|---------------|---|---------------|
| 1. | Principales problemas fitosanitarios presentados en el cultivo de repollo. | 5 |
| 2. | Lista de insectos plagas del repollo reportadas en Nicaragua. | 6 |
| 3. | Número de productores y comunidades donde se realizaron encuestas sobre el manejo fitosanitario, empleado en las áreas de producción de repollo de ambas zonas. | 24 |
| 4. | Operacionalización de las variables del estudio. | 28 |
| 5. | Prácticas realizadas por los productores de repollo en las zonas de Jinotega y Matagalpa para manejo de problemas fitosanitarios y criterios para realizar aplicaciones de plaguicidas. | 37 |
| 6. | Grupos químicos utilizados por los productores encuestados en Jinotega y Matagalpa para controlar las principales plagas insectiles que afectan en ambas zonas. | 42 |
| 7. | Grupos químicos utilizados por los productores encuestados en Jinotega y Matagalpa para controlar las principales enfermedades que afectan en ambas zonas. | 45 |
| 8. | Grupos químicos utilizados por los productores encuestados en Jinotega y Matagalpa para el control de malezas. | 47 |
| 9. | Aplicaciones de plaguicidas durante el ciclo del cultivo de repollo. | 49 |
| 10. | Síntomas de intoxicación declarados por los productores debido a la exposición a plaguicidas. | 54 |
| 11. | Datos de la TIAT de productores de Matagalpa por efecto biocida. | 58 |
| 12. | Datos de la TIAT de productores de Jinotega por efecto biocida. | 59 |
| 13. | Ingredientes activos utilizados en Matagalpa con altos valores de CIA. | 60 |
| 14. | Prueba T-Student del total de la TIAT. | 61 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA | | PÁGINA |
|---------------|---|---------------|
| 1. | Factores que influyen en la determinación de los periodos de carencia. | 20 |
| 2. | Ubicación de las parcelas para realizar encuestas sobre el manejo fitosanitario empleado en las áreas de producción de repollo. | 23 |
| 3. | Porcentaje de nivel de educación de productores encuestados en Jinotega y Matagalpa. | 32 |
| 4. | Distribución porcentual del acceso a las fuentes hídricas ubicadas en Jinotega y Matagalpa. | 33 |
| 5. | Entidades que brindan asistencia técnica en las zonas productivas de repollo en Jinotega y Matagalpa. | 35 |
| 6. | Temas de capacitación impartidos a productores de repollo. | 35 |
| 7. | Principales entidades que han brindado capacitación en uso racional de plaguicidas. | 36 |
| 8. | Años sin recibir capacitaciones en uso racional de plaguicidas. | 36 |
| 9. | Percepción de los productores sobre afectaciones provocadas por plagas insectiles y moluscos en el cultivo de repollo. | 40 |
| 10. | Percepción de los productores sobre afectaciones provocadas por patógenos en el cultivo de repollo. | 41 |
| 11. | Periodos de carencia de plaguicidas usados en los libros de registro por productores de Jinotega y Matagalpa. | 51 |
| 12. | Fuente de información utilizada para dosificar productos fitosanitarios. | 52 |
| 13. | Frecuencia absoluta del EPP utilizado por los productores en las zonas de Jinotega y Matagalpa. | 53 |
| 14. | Manejo de desechos sólidos de plaguicidas en las zonas de Jinotega y Matagalpa. | 55 |
| 15. | Mezclas de productos fitosanitarios usados en el cultivo de repollo. | 57 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| ANEXO | | PÁGINA |
|--------------|--|---------------|
| 1. | Fragmento de la encuesta de impacto ambiental del manejo fitosanitario del cultivo de repollo. | 70 |
| 2. | Libro de registro de actividades fitosanitarias en el cultivo de repollo. | 71 |
| 3. | Esquema sobre Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de repollo. | 72 |
| 4. | Sustancias químicas evaluadas y clasificadas por sus respectivas agencias debido a su potencial cancerígeno. | 73 |
| 5. | Asocio de cultivo de repollo con cultivo de zanahoria. | 74 |
| 6. | Insectos y molusco plaga identificados en el cultivo de repollo. | 74 |
| 7. | Enfermedades identificadas en el cultivo de repollo. | 76 |
| 8. | Listado de plaguicidas autorizados en Nicaragua para el cultivo de repollo. | 77 |
| 9. | Aplicaciones de plaguicidas sin Equipo de Protección Personal. | 79 |
| 10. | Almacenamiento de plaguicidas. | 79 |
| 11. | Envases de plaguicidas vacíos abandonados dentro de la parcela. | 80 |
| 12. | Centro de acopio y reciclaje de envases vacíos de agroquímicos en Tomatoya, Jinotega. | 80 |
| 13. | Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks. | 80 |
| 14. | Registro de productos usados en Jinotega y Matagalpa durante en el ciclo del cultivo. | 81 |

RESUMEN

El repollo (*Brassica oleracea* L. var. capitata) es una hortaliza muy consumida por los nicaragüenses y es cultivado por pequeños productores; conocer el manejo fitosanitario que realizan es importante para entender los problemas de salud pública y ambientales. Con el propósito de generar información que sirva de base para el desarrollo de políticas públicas enfocadas en proteger la salud humana y del ambiente, se llevó a cabo un estudio en las zonas de Jinotega y Matagalpa desde agosto hasta diciembre 2022, para el cual se encuestaron 46 productores por medio de la aplicación KoboCollect. Además, se entregó un libro de registro de información sobre los productos y las aplicaciones de plaguicidas utilizados. Las variables evaluadas fueron: prácticas realizadas para el manejo de plagas, grupos químicos utilizados, periodo de carencia e impacto ambiental. A partir de la información, se encontró que este rubro está en manos de hombres en un rango de edad de 21 a 68 años, con un área promedio destinada de 1.8 ha y se cultiva principalmente el híbrido Escazú. Las plagas insectiles más importantes fueron *Plutella xylostella*, *Spodoptera* spp. *Phyllophaga* spp. y *Limax* spp. y la enfermedad primordial es ocasionada por *Xanthomonas* spp. Asimismo, los productores han sido poco capacitados en uso racional de plaguicidas, y las capacitaciones que han recibido han sido realizadas por agroservicios, cooperativas y/o casas comerciales. Por su parte, los insecticidas más utilizados pertenecen a los grupos organofosforados con 23.4 %, *Bacillus thuringiensis* con 14.1 %, piretroides con 12 %, oxadiazinas con 10.7 % y avermectinas con 9.9 %; para el manejo de enfermedades se utilizan ditiocarbamatos con 21.5 %, inorgánicos con 18.5 %, benzimidazoles con 15 %, triazoles con 9.6 % y cloronitrilos con 8.8 %; y para malezas glicinas con 32.6 %, bupiridilos y éteres de difenil con 20.1 % y ariloxifenoxi-propionatos con 18 %. Así mismo, se encontró que el 81 % de los productos aplicados cumplen con el periodo de carencia; sin embargo, el 19 % no cumple. Este último, a pesar de ser un porcentaje relativamente bajo, es significativo y Matagalpa fue la zona que no respetó en su mayoría con los periodos de carencia. En la zona de Matagalpa, los productores generaron mayor impacto ambiental con valor de 1,335.03 respecto a la TIAT, en comparación con los productores de Jinotega, donde el impacto fue menor con valor de 1,101.29; sin embargo, el impacto ambiental generado en estas dos zonas fue igual.

Palabras clave: Grupos químicos, periodos de carencia, cociente de impacto ambiental, categoría toxicológica, ingrediente activo

ABSTRACT

Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata) is a vegetable widely consumed by Nicaraguans and is grown by small-scale producers; it is important to understand their phytosanitary management in order to understand public health and environmental problems. In order to generate information that will serve as a basis for the development of public policies focused on protecting human and environmental health, a study was conducted in the areas of Jinotega and Matagalpa from August to December 2022, where 46 producers were surveyed using the KoboCollect application. In addition, a logbook was provided with information on the products and pesticide applications used. The variables evaluated were: practices used for pest management; chemical groups used; pre-harvest interval and environmental impact. From the information, it was found that this crop is in the hands of men in an age range of 21 to 68 years, with an average area of 1.8 ha, and the Escazú hybrid is the main crop grown. The most important insect pests were *Plutella xylostella*, *Spodoptera* spp. *Phyllophaga* spp. and *Limax* spp. And the main disease is caused by *Xanthomonas* spp. The producers have received little training in the rational use of pesticides, and the training they have received has been provided by agroservices, cooperatives and/or commercial companies. The most used insecticides belong to the organophosphate groups with 23.4%, *Bacillus thuringiensis* with 14.1%, pyrethroids with 12%, oxadiazines with 10.7% and avermectins with 9.9%; for disease management, dithiocarbamates are used with 21.5%, inorganic with 18.5%, benzimidazoles with 15%, triazoles with 9.6% and chloronitriles with 8.8%; and for weeds, glycines with 32.6%, bipyridyls and diphenyl ethers with 20.1% and aryloxyphenoxy-propionates with 18%. Likewise, it was found that 81% of the products applied complied with the pre-harvest interval; however, 19% did not comply; despite being a relatively low percentage, it is significant and Matagalpa was the zone that did not comply with the pre-harvest interval. In the Matagalpa zone, the producers generated the greatest environmental impact with a value of 1,335.03 with respect to the TIAT, compared to the producers in Jinotega where the impact was lower with a value of 1,101.29; however, the environmental impact generated in these two zones was the same.

Keyword: Chemical groups, pre-harvest interval, environmental impact quotient, toxicological category, active ingredient

I. INTRODUCCIÓN

El repollo (*Brassica oleracea* L. var. capitata) pertenece a la familia Brassicaceae y es originario del Mediterráneo oriental y Asia menor, cultivado en Mesopotamia y en Egipto desde 2,500 a.C. Se encuentra distribuido en todo el mundo (Mabry et al., 2021; Maggioni et al., 2017; Rizo et al., 2019) y es una especie muy importante por sus propiedades medicinales y culinarias (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE]; 1990).

En Nicaragua, la producción de este rubro está en manos de pequeños productores ubicados principalmente en los departamentos de Jinotega y Matagalpa. Estos a menudo enfrentan problemas fitosanitarios provocados por plagas como *Plutella xylostella*, *Leptophobia* spp., *Aphis* spp., *Diabrotica* spp., *Phyllophaga* spp., *Xanthomonas* spp., *Sclerotinia* spp., *Mycosphaerella* spp. y *Fusarium* spp. Dicha situación eleva significativamente los costos de producción, lo cual, a su vez, amenaza sus medios de vida (Capinera, 2001; CATIE, 1990; Díaz et al., 1999; Trabanino, 1998).

Por lo anterior, los problemas fitosanitarios que afectan el cultivo de repollo generan el uso continuo de plaguicidas y en Nicaragua el manejo de plagas ha estado basado en productos químicos sintéticos (Amoabeng et al., 2017; Diallo et al., 2021; Ntow et al., 2006). Los grupos químicos más usados han sido diamidas, y avermectinas, y benzimidazoles; este último para el manejo de enfermedades (Gutiérrez, 2022; Rivera, 2018).

El manejo convencional no solo implica un riesgo directo en la salud de los aplicadores de plaguicidas y de los consumidores, sino también en el ambiente; ya sea porque la aplicación de un plaguicida puede perjudicar organismos no objetivos o por las prácticas que realizan los productores para manejar plagas y desechos de plaguicidas, pese a que los agricultores de cierta manera conocen las consecuencias que ocasiona la utilización de plaguicidas (Kovach et al., 1992; Walker et al., 2012).

Los pocos estudios que existen en Nicaragua sobre el impacto provocados por el manejo fitosanitario de las plagas vuelven necesario indicar los principales grupos químicos utilizados en repollo y estudiar, analizar y/o determinar el tiempo mínimo, sugerido por los fabricantes, que transcurre entre la última aplicación de un plaguicida y la cosecha (Amoabeng et al., 2017;

Guerrero, 2003). Asimismo, no considerar este criterio podría traducirse en un importante impacto en la salud humana y el ambiente, lo cual representa un costo significativo para el estado de Nicaragua.

Aunque existen herramientas que permiten evaluar y/o determinar los riesgos que suelen generar los plaguicidas cuando no se hace un manejo adecuado de estos, uno de los indicadores más usados para evaluar riesgo es el Cociente de Impacto Ambiental (CIA); pues este es sencillo, fácil y económico de aplicar; en comparación con otros indicadores que son sofisticados y requieren datos más específicos. Otra ventaja es que tiene mucha utilidad al comparar impacto ambiental en diversos cultivos, plaguicidas y sistemas de producción (Kovach et al., 1992; Mwangi et al., 2020; Vargas-González et al., 2019).

Además, el impacto que puede provocar el uso de plaguicidas en el ambiente es amplio, debido a la escorrentía, la lixiviación, muerte o alteración de comportamientos en organismos no destinados a controlar, entre otros (Ntow et al., 2006; Walker et al., 2012). A raíz de la preocupación que provoca el uso de plaguicidas, es fundamental determinar el impacto del manejo convencional en todo el ciclo del cultivo de repollo.

Por lo anterior, el alcance del presente estudio consiste en generar información sobre el manejo fitosanitario del repollo realizado por productores y, en ese sentido, que sirva de insumo para mitigar o reducir el impacto en la salud pública y el ambiente por el uso de plaguicidas.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Generar información sobre el impacto ambiental del manejo fitosanitario del cultivo de repollo, que sirva de insumo para el desarrollo de políticas públicas enfocadas en proteger el ambiente y la salud humana.

2.2. Objetivos específicos

Caracterizar el manejo fitosanitario empleado por los productores de Jinotega y Matagalpa para el control de plagas en el cultivo de repollo.

Identificar los principales grupos químicos utilizados para el manejo fitosanitario del repollo.

Determinar el cumplimiento del periodo de carencia explícito en los productos químicos utilizados en el manejo fitosanitario.

Comparar el impacto ambiental generado por los plaguicidas usados en repollo en las zonas de Jinotega y Matagalpa.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Origen y distribución del repollo

El repollo se conoce desde la antigüedad, pues era cultivado en Mesopotamia y en Egipto desde 2,500 a.C.; sin embargo, diversos estudios mencionan que es originario de las costas del Mediterráneo y Asia menor; donde fue diseminándose a varios lugares de Europa, de acuerdo con la confirmación de técnicas filogenéticas (Mabry et al., 2021; Rizo et al., 2019) y corroboraciones por medio de consideraciones lingüísticas y literarias (Maggioni et al. 2017).

Fornaris (2014) afirma que el repollo fue introducido a los Estados Unidos de América durante el siglo XVI por el explorador francés Jacques Cartier en 1541. También menciona que importaciones posteriores se realizaron por los primeros colonos. En otras palabras, se fue domesticando hasta llegar a otras partes del mundo convirtiéndose en una parte fundamental en la economía y dieta familiar brindando beneficios para la salud (Rizo et al., 2019).

Aunque su éxito está garantizado bajo condiciones agrológicas templadas o frescas, hay evidencia de su producción cerca de las costas del mar (Rizo et al., 2019), a pesar de la baja capacidad de sus cloroplastos que no sugiere una fácil domesticación si las condiciones no son adecuadas para su desarrollo (Allender et al., 2007). Para la domesticación, se debe tener en cuenta las afectaciones fitosanitarias, ya que la proliferación de estas depende de las condiciones climáticas en las que se encuentre el cultivo de repollo.

3.2. Principales problemas fitosanitarios del repollo en Nicaragua

La producción de repollo en Nicaragua está en manos de pequeños y medianos productores, en áreas entre 0.35 a 3.51 ha y a alturas de 600 a 1,500 m.s.n.m. donde se intensifican sus rendimientos, de modo que deja ganancias satisfactorias. Quienes se encargan de este rubro en el país enfrentan problemas fitosanitarios asociados principalmente con insectos, moluscos, hongos y bacterias (Cuadro 1) (CATIE, 1990; Díaz et al., 1999; Muniappan & Heinrichs, 2016; Rizo, et al., 2019).

Cuadro 1. Principales problemas fitosanitarios presentados en el cultivo de repollo.

| Plagas | Descripción/Daño | Fuentes |
|----------------------------|--|---|
| <i>Plutella xylostella</i> | Presenta metamorfosis completa, cumpliendo con un ciclo de 25 días, este insecto afecta desde la etapa de semillero hasta la etapa de llenado de cabeza. El daño es causado por las larvas eliminando el tejido foliar excepto las nervaduras de las hojas; además realiza galerías. | (Capinera, 2001; Díaz et al., 1999) |
| <i>Leptophobia</i> spp. | Tiene metamorfosis completa, con un ciclo de vida de 25 a 45 días. Son insectos masticadores, lo que provoca esqueletización y en plántulas ocasiona su destrucción total y ensucian la cabeza de repollo con excretas. | (CATIE, 1990; Trabanino, 1998) |
| <i>Spodoptera</i> spp. | Muestra una “Y” invertida en la cabeza. La larva ataca las hojas, encontrándose principalmente en la cabeza del repollo, la cual realizan galerías. Las plantas dañadas se presentan pequeñas y deformes. | (Capinera, 2001) |
| <i>Phyllophaga</i> spp. | Poseen ciclo de vida completo y dura de uno a dos años. Las larvas cortan las raíces, provocando marchitamiento, amarillamiento y muerte de las plantas jóvenes. | (Capinera, 2001; Díaz et al., 1999) |
| <i>Sarasinula plebeia</i> | El adulto es gris o marrón con cuerpo alargado y blando, cubierto por mucus y a medida que avanza, la baba que deja se pone brillante al secarse. Estados adultos e inmaduros se alimentan raspando las hojas. | (Trabanino, 1998) |
| <i>Limax</i> spp. | Son babosas con forma elongadas y pequeñas negras o grises de 2 a 3 cm de longitud. Son capaces de sobrevivir en épocas que no hay repollo por su capacidad de alimentarse de varias plantas hospederas. | (CATIE, 1990) |
| <i>Xanthomonas</i> spp. | Actúa de forma sistémica, causando lesiones amarillas en forma de “V” en los bordes de las hojas, las áreas amarillentas se necrosan, llegando hasta las nervaduras, en casos extremos presenta marchitez en las hojas y las cabezas se pudren, teniendo mal olor. | (Díaz et al., 1999; Natwick et al., 2020) |
| <i>Fusarium</i> spp. | Causa amarillamiento en las hojas, retardo en el crecimiento de la planta y marchitez de las hojas viejas. | (CATIE, 1990; Natwick et al., 2020) |
| <i>Erwinia</i> spp. | Presenta una descomposición suave y parecen estar empapadas de agua, cuando la enfermedad está avanzada suele verse tejido húmedo y necrótico dentro de la cabeza y presenta mal olor. | (Strang et al., 1997) |
| <i>Sclerotinia</i> spp. | Aparece en la parte inferior del tallo y en las hojas externas o inferiores, generando pudrición con crecimiento de micelio blanco y al avanzar la enfermedad presenta esclerocios negros; esta enfermedad afecta durante la formación y llenado de cabeza, no genera ningún olor. | (Díaz et al., 1999) |

La literatura anterior abarca una visión general de lo que los autores consideran como principales problemas fitosanitarios por los cuales se ve afectado el cultivo de repollo. En Nicaragua, solo se tiene conocimiento de seis insectos plagas que afectan el cultivo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Lista de insectos plagas del repollo reportadas en Nicaragua.

| N° | Situación de la plaga | Nombre común | Nombre científico |
|----|-----------------------|---------------------|---------------------------------------|
| 1 | Plaga clave | Gusano de la col | <i>Ascia monuste</i> (Linnaeus, 1764) |
| 2 | | Gusano del repollo | <i>Pieris rapae</i> L. |
| 3 | | Palomilla de la col | <i>Plutella xylostella</i> L. |
| 4 | | Falso medidor | <i>Trichoplusia ni</i> (Hübner) |
| 5 | Plaga ocasional | Grillo | <i>Gryllus assimilis</i> Fabricius |
| 6 | | Gusano alambre | <i>Aeolus</i> sp. Bergman, 1988 |

Fuente: Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA), 2019

Sin embargo, para garantizar una excelente producción y que se reduzcan problemas fitosanitarios, es conveniente emplear estrategias que ayuden a la prevención de plagas por medio del Manejo Integrado de Plagas (MIP) (CATIE, 1990; Díaz et al., 1999; Muniappan & Heinrichs, 2016); de esta manera, se evitan las pérdidas económicas que se puedan generar al realizar un manejo inadecuado. Es por eso que se sugieren diferentes manejos (Anexo 3) para disminuir el daño ocasionado por estas plagas (Cuadro 1 y 2); no obstante, el manejo convencional es el método más empleado por los agricultores.

3.3. Manejo fitosanitario del repollo basado en productos sintéticos

3.3.1. Grupos químicos utilizados en el cultivo de repollo

Comúnmente, los productores de repollo emplean el manejo convencional para combatir plagas fitosanitarias, usando mayormente insecticidas. Los grupos químicos aplicados principalmente en el rubro de repollo para el manejo de plagas insectiles que corresponden al manejo convencional son diamidas, pirroles, espinosinas y avermectinas; y los ingredientes activos más empleados son clorantraniliprol, clorfenapir, spinetoram y abamectina (Rivera, 2018).

Sin embargo, actualmente, en el manejo plagas insectiles, se están utilizando productos de nueva generación como diamidas, *Bacillus thuringiensis* y avermectinas; así como los ingredientes

activos clorantropilol, *B. thuringiensis* subesp. *kurstaki* cepa ABTS-351, flubendiamida y benzoato de emamectina (Gutiérrez, 2022).

Por su parte, Diallo et al. (2021) afirman que en el cultivo de repollo se aplican principalmente insecticidas organofosforados para contrarrestar el daño provocado por organismos plagas y los principios activos más usados son profenofos, benzoato de emamectina y carbofuran. De acuerdo con Weinberger & Srinivasan (2009), los insecticidas usados en el rubro de repollo son primordialmente organofosforados, piretroides y oxadiazinas; e ingredientes activos, como: clorpirifos, endosulfan, cipermetrina e indoxacarb.

Para el manejo de enfermedades, el grupo más usado es benzimidazoles y el ingrediente activo, carbendazina (Rivera, 2018). Similarmente, Weinberger & Srinivasan (2009) afirman que los fungicidas más empleados por los agricultores son ditiocarbamatos y benzimidazoles; y los ingredientes activos son mancozeb y carbendazina.

No obstante, el uso continuo de determinados ingredientes activos puede afectar la salud de los productores y trabajadores, ya que estos no suelen poseer información al respecto, en especial de aquellos establecidos en las legislaciones. Respecto a lo último, cabe destacar que las reglamentaciones promueven un entorno seguro, tanto en las actividades agropecuarias como en el ambiente y la salud humana.

3.4. Marco regulatorio de la gestión de plaguicidas en algunos países Latinoamericanos

Algunos países de América Latina han abordado con mayor profundidad aspectos sobre la gestión de plaguicidas en sus marcos legislativos debido a las problemáticas locales. Entre las naciones que presentan una legislación más sólida en términos de gestión de plaguicidas, se encuentra Ecuador, donde la Ley de comercialización y empleo de plaguicidas establece que los plaguicidas extremadamente y altamente tóxicos solo podrán venderse por receta otorgada por un ingeniero agrónomo (Ministerio del Trabajo [MDT], 2004).

Así mismo, la Norma Técnica Obligatoria de Ecuador sobre el manejo y la disposición final de los envases vacíos de plaguicidas afirma que los envases vacíos de plaguicidas o productos afines de uso agrícola no deben ser incinerados o enterrados. Así mismo, se establece que se

debe utilizar el Equipo de Protección Personal (EPP) necesario para manipular envases vacíos de plaguicidas y que las personas que manejen envases vacíos de plaguicidas deben estar capacitadas sobre su manejo apropiado (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica [MAATE], 2013).

En Colombia, se ha buscado responsabilizar a fabricantes, importadores, proveedores o expendedores, consumidores y autoridades municipales y ambientales en el proceso de la gestión y/o devolución de envases de plaguicidas usados. Entre las obligaciones de los fabricantes, se encuentran establecer centros de acopio y campañas de recolección, garantizar el transporte de los envases desde los centros de acopio hasta las instalaciones para su disposición final y asumir los costos de la recolección y eliminación de envases (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MMADS], 2013).

Los fabricantes y proveedores comparten la responsabilidad de informar el mecanismo de devolución de envases, los puntos de recolección y el uso seguro de los plaguicidas. Además, los proveedores deben enviar los residuos a los fabricantes para su debida disposición. Por su parte, los consumidores deben entregar los envases en los centros de acopio o en las campañas de recolección; y las autoridades municipales y ambientales deben informar sobre la importancia de separar los residuos de desechos de plaguicidas de otros desechos para su debido mecanismo de devolución (MMADS, 2013).

Por su parte, Guatemala prohíbe abandonar envases de plaguicidas en las parcelas, patios y otros lugares según el Acuerdo Gubernamental N°377-90 (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación [MAGA], 1990). Y con el Acuerdo Gubernamental 33-2016 se prohíbe que los trabajadores agrícolas dañen o se nieguen a utilizar el EPP o a trabajar sin el EPP adecuado (Ministerio de Trabajo y Previsión Social [MINTRAB], 2016).

Costa Rica se ha interesado en establecer en su marco legislativo programas de educación agrícola sobre el manejo de plaguicidas químicos, biológicos o afines de uso en la agricultura; de manera que ha capacitado principalmente al personal de ventas de agroquímicos y al público que labora o que pretenda laborar en ese rubro. Por tanto, se pretende que realicen cursos

presenciales o virtuales y al terminar el curso se les brinda un carné que les permitirá laborar en establecimientos para la venta de plaguicidas (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2019).

En Honduras, a través del Reglamento sobre registro, uso y control de plaguicidas y sustancias afines, se estipula que los plaguicidas extremadamente peligrosos y restringidos se venderán bajo receta profesional y que los vendedores deberán informar a los consumidores si el plaguicida es adecuado para combatir una determinada plaga. Además, no se recomienda aumentar o disminuir la dosis del producto, aumentar la frecuencia de aplicación, realizar aplicaciones a cultivos no recomendados o cambiar la forma de aplicación (Presidencia Constitucional de la República, 1998).

De acuerdo con la comunicación emitida por la Presidencia Constitucional de la República, (1998), al aplicar y mezclar plaguicidas, se debe leer en la etiqueta del producto el EPP por utilizar; así como conocer la cantidad de producto por mezclar, el método para mezclarlos y su compatibilidad con otros productos. Se debe cumplir con el periodo de carencia y reingreso a la parcela establecido en la etiqueta del plaguicida. Igualmente, las personas que manipulan, almacenan y aplican plaguicidas están obligadas a utilizar EPP de acuerdo con la peligrosidad del producto. Asimismo, está prohibido abandonar en campo, patio u otros lugares envases vacíos de plaguicidas.

Por su parte, Panamá se rige por el Resuelto N°42 sobre Requisitos y principios mínimos para la aplicación de plaguicidas por vía terrestre, donde se establece que solo se obtendrá plaguicidas de clase Ia y Ib por medio de receta profesional. Las personas que apliquen plaguicidas por vía terrestre deben recibir un curso de certificación y se les brindará una credencial para realizar las aplicaciones. Se prohíbe lavar equipos de aplicación de plaguicidas y eliminar envases de plaguicidas en las parcelas, ríos, quebradas, lagos, entre otros; y también se prohíbe realizar aplicaciones sin el correcto EPP (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2011).

De acuerdo con lo anterior, las reglamentaciones de gestión de plaguicidas difieren en cada país. Nicaragua no es la excepción, por lo cual es necesario tener conocimientos sobre la

reglamentación nacional vigente relacionada con las funciones que desempeña cada agente en el país, así como sobre las actividades requeridas en la manipulación y el uso de plaguicidas con el propósito de diferenciar el avance que posee Nicaragua en comparación con otros países.

3.5. Reglamentación nacional sobre el uso de plaguicidas

En la Resolución ministerial sobre higiene y seguridad aplicable en el uso de manipulación y aplicación de los plaguicidas y otras sustancias agroquímicas en los centros de trabajo, se establece que el empleador debe facilitarles a los trabajadores el EPP; así como mantenerlo, repararlo y sustituirlo cuando sea conveniente. También se debe lavar y cambiar diario la ropa de trabajo y lavar el EPP (Ministerio del Trabajo [MITRAB], 2001).

Los trabajadores deben usar obligatoria, permanente y correctamente los medios y el EPP en el momento de aplicar, usar y manipular plaguicidas. Para manipular los plaguicidas, se debe usar equipos adecuados capaces de medir y trasegar el plaguicida, así como utilizar guantes para la protección de las manos en el momento de preparar el plaguicida. También se debe respetar siempre las dosis recomendadas para el producto (MITRAB, 2001). En el Reglamento de la Ley N°274, se establece que la limpieza de los equipos de aplicación de los productos y sustancias controladas y reguladas no se realizará en fuentes hídricas (Presidencia de la República de Nicaragua, 1998).

Las bodegas utilizadas para el almacenamiento de plaguicidas deben encontrarse a más de 200 m de fuentes hídricas y de lugares donde se concentren personas (MITRAB, 2001; Presidencia de la República de Nicaragua, 1998); el piso y las paredes deben ser lisos, para permitir el lavado en caso de derrames; y no se deben almacenar alimentos para consumo humano o animal ni materiales que no estén relacionados con las actividades de plaguicidas (MITRAB, 2001).

El desecho de los envases plásticos de plaguicidas está asociado con el uso de plaguicidas, ya que es parte del proceso de la utilización de los productos fitosanitarios. Es así que en la Resolución N°002-2008, se detalla que los envases deben ser llevados a los centros de acopio, los cuales son instalaciones aprobadas por el MARENA, donde se reciben envases vacíos de

plaguicidas que han sido sometidos al triple lavado (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales [MARENA], 2008).

Aunque en parte es obligación del empleador garantizar la capacitación periódica a los trabajadores cuyas funciones se relacionen con el uso y la manipulación correcta de los plaguicidas y otras sustancias agroquímicas (MITRAB, 2001), también es responsabilidad del MITRAB y del MINSA. En ese sentido, de acuerdo con la Ley N°274, ambos son responsables de la elaboración y la ejecución de programas de capacitación y entrenamiento para los trabajadores en el uso y el manejo de plaguicidas. También tienen la función de realizar campañas de promoción, educación y divulgación para disminuir el riesgo de usar y manejar plaguicidas. Además, el MINSA debe vigilar intoxicaciones mediante muestreos y seguimientos a los casos reportados (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 1998).

Igualmente, en el Reglamento de la Ley N°274, se establece que el Ministerio Agropecuario (MAG) y el sector privado involucrado brindarán información al público y a los usuarios acerca de las buenas prácticas del uso y el manejo de plaguicidas. Además, establece que el MAG es el encargado de promover programas de educación sobre el control y el manejo integrado de plagas y enfermedades como alternativas al uso de plaguicidas, de forma que no dañen la actividad agropecuaria, la salud humana y el ambiente (Presidencia de la República de Nicaragua, 1998).

Asimismo, en la Ley N°274, existen orientaciones hacia las personas dedicadas a la comercialización y distribución de plaguicidas, pues se afirma que están obligadas a brindar información a sus clientes sobre la protección y la seguridad en la salud humana y animal, así como en cuanto al ambiente y sus efectos potenciales (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 1998).

La reglamentación nacional es puntual respecto a las responsabilidades que poseen tanto los productores como las entidades que deben velar por el cumplimiento de las reglamentaciones. Aunque hay una intención positiva de la nación sobre los actores involucrados en la gestión de plaguicidas en su marco legislativo, aún falta ser más específicos en cuanto a las

responsabilidades de los actores y emplear o proponer estrategias mediante las cuales los usuarios de plaguicidas sean conscientes de la exposición de estos, de manera que se tome en cuenta las necesidades locales con el fin de mejorar los marcos legislativos.

3.6. Desarrollo de políticas para mejorar la gestión de plaguicidas

Se puede considerar el código internacional de conducta para la gestión de plaguicidas propuesta por la FAO y la OMS en el desarrollo de políticas para mejorar la gestión de plaguicidas, ya que brinda pautas que pueden ser adoptadas por los países con el fin de incluirlas en sus marcos legislativos, esto con el propósito de disminuir el riesgo en los humanos y el ambiente debido al uso y manipulación de los plaguicidas (Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Health Organization [FAO & WHO], 2014).

La nación podría adoptar ciertas sugerencias del código, entre las que figuran promover el uso del EPP de acuerdo con las actividades realizadas en climas tropicales, con un costo al alcance de los productores y fácil de conseguir para evitar usar EPP incómodo; promover prácticas y usar equipos de aplicación que disminuyan el riesgo de plaguicidas, lo cual implica capacitar constantemente en las actividades realizadas por los productores y brindar información sobre el mantenimiento y uso correcto de los equipos; informar sobre los peligros de almacenar alimentos y plaguicidas en un mismo sitio; brindar apoyo técnico a los productores para el manejo de envases y establecer servicios para la recolección y disposición final de los envases (FAO & WHO, 2014).

También, se podría prohibir prácticas que conlleven al riesgo en la salud y el ambiente, como prohibir enterrar, incinerar y abandonar en los campos de cultivos desechos de plaguicidas; incluso sugerir que las naciones exijan a los agricultores el empleo del MIP y que les sea brindado acompañamiento, asesoría y educación para mejorar la adopción del MIP hacia una agricultura sostenible, donde se maneje las poblaciones de plagas y que a la vez se minimice las numerosas aplicaciones de plaguicidas (FAO & WHO, 2020b).

Para que exista un mejor avance en las políticas de los plaguicidas, se debe considerar factores como las necesidades existentes, las condiciones sociales y económicas, los niveles de

alfabetización, el clima, la disponibilidad de equipos de aplicación y EPP apropiados; se debe mencionar que el hecho de imponer legislaciones no garantiza que se maneje correctamente la gestión de los plaguicidas, sino que los actores involucrados en la gestión de plaguicidas desde la fabricación hasta su disposición final deben asumir y ser conscientes de sus responsabilidades al estar relacionados con plaguicidas (FAO & WHO, 2020b).

Además, la industria de los plaguicidas debería prestar asistencia en todas las etapas de la disposición final de envases vacíos, lo cual incluye el acopio, transporte, almacenamiento, reciclaje o eliminación; de manera que se les brinde a los desechos sólidos de plaguicidas un destino más seguro o con pocas consecuencias ecológicas, por medio de su reutilización o reciclado (FAO & WHO, 2014).

Por otra parte, Möhring et al. (2020) consideran que se necesitan vías para mejorar las políticas de plaguicidas con el fin de reducir los riesgos que implican en la salud y el ambiente. Para ello, primero se debe priorizar los objetivos de los riesgos y luego cuantificarlos y hacerlos públicos; discutir los objetivos del uso de plaguicidas y cambiar a sistemas agrícolas sostenibles; comprometerse con las políticas, fomentar las inversiones y desarrollar estrategias eficientes, mediante la impulsión de políticas fuertes y persistentes; considerar el comportamiento de los agricultores en la toma de decisiones con respecto a las aplicaciones de plaguicidas, para lo cual se brinde información y servicios de extensión sobre alternativas para lograr los objetivos.

Además, se debe informar los precios y beneficios de sistemas agrícolas alternativos, ya que pueden influir en las actividades de los consumidores y en los sistemas agrícolas; regular plaguicidas, mediante la prohibición de ingredientes activos tóxicos y el uso de ingredientes activos menos dañinos, de manera que se realice una gestión eficaz de la resistencia a ingredientes activos; realizar cambios a sistemas agrícolas sostenibles, lo que puede reducir el uso de plaguicidas; indicar el uso de variedades mejoradas y resistentes; y optar por agricultura inteligente para sistemas agrícolas más extensos (Möhring et al., 2020).

Para mejorar la gestión de los plaguicidas, se debe contar con el apoyo, asesoramiento y vigilancia de entidades oficiales y también considerar los ingredientes activos que comúnmente

son utilizados por la mayoría de los agricultores nicaragüenses, ya que estos no son conscientes de las afectaciones de salud que pueden representar a corto y largo plazo la exposición a plaguicidas.

3.6.1. Sustancias químicas con potencial carcinogénico

Debido a que se han registrado casos de intoxicación producto de la exposición a plaguicidas, asociadas a su uso y manipulación; algunas agencias han clasificado y evaluado agentes que presentan riesgo de cáncer. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2022) y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, 2023) se exponen como las agencias más reconocidas, quienes usan sus propios criterios de clasificación, los cuales están sujetos continuamente a cambios; dentro de los ingredientes con potencial carcinogénico se encuentran: cipermetrina, malatión, carbendazina, clorotalonil, glifosato, entre otros (Anexo 4).

Tomando en consideración los riesgos de toxicidad crónica que surgen a partir de la exposición continua a plaguicidas, es necesario que el personal que manipula y aplica plaguicidas cuente con equipo de protección especial para evitar arriesgarse al manejo directo de ciertas sustancias.

3.7. Uso del equipo de protección personal, una práctica que debería ser obligatoria

Para asegurar la salud del personal que labora en la agricultura, es importante que este cuente con conocimientos sobre la importancia de usar el EPP necesario al manipular y aplicar plaguicidas. Por ello, en la Resolución ministerial sobre higiene y seguridad aplicable en el uso de manipulación y aplicación de los plaguicidas, se establece que es obligatorio usar el EPP, el cual consiste en ropa de trabajo (pantalón, camisa manga larga u overol), lentes de protección, guantes de hule, botas de hule, mascarilla con filtros mecánicos, capa impermeable para protección en la espalda y sombrero impermeable (MITRAB, 2001).

Aunque la mayoría de los productores están conscientes que usar completo el EPP en el momento de realizar aplicaciones en las parcelas ayuda a evitar intoxicaciones agudas y crónicas, la mayoría no lo usa por limitaciones financieras e incomodidad. La incomodidad está asociada al hecho de que utilizan el EPP en horas más calurosas, lo cual genera más fatiga o

molestia (Amoabeng et al., 2017). Algunos síntomas de intoxicación por plaguicidas pueden ser irritación de la piel, ojos y nariz, náuseas, tos, dolor de cabeza, mareos, vómitos, cansancio, entre otros (Amoabeng et al., 2017; Diallo et al., 2021; Ntow et al., 2006).

El uso del EPP es relevante para prevenir el riesgo de plaguicidas, pero existen otras prácticas por realizar que disminuyen la exposición, por ejemplo: no ingresar a la parcela en un periodo de 72 h como mínimo o el tiempo que establezca el producto (MITRAB, 2001); usar plaguicidas menos tóxicos y evitar aplicar formulaciones de polvo y líquidas, lo cual podría reducir la exposición ocupacional, ya que comúnmente la exposición a plaguicidas sucede por la exposición dérmica e inhalatoria al ingresar a áreas tratadas, al mezclar, aplicar, o por tocar elementos que tuvieron contacto con los plaguicidas (FAO & WHO, 2020a).

A todo esto, no solamente se debe considerar las prácticas para reducir el riesgo ocupacional, sino también conocer la correcta disposición de los envases de plaguicidas después de su uso y las etapas por las que atraviesa.

3.8. Gestión de envases vacíos derivados de actividades agropecuarias

A pesar que Nicaragua no considera sanciones en su legislación para el manejo de residuos en el campo, producto de actividades agropecuarias, se adoptó el programa CampoLimpio impulsado por CropLife Latin America y ejecutado por la Asociación Nicaragüense de Formuladores y Distribuidores de Agroquímicos (ANIFODA) a través de centros de acopio autorizados para eliminar los desechos sólidos de plaguicidas (CropLife Latin America, 2023).

Si bien es cierto, la Resolución Ministerial N°002-2008 establece que es obligatorio que los productores lleven los envases a los centros de acopio más cercanos (MARENA, 2008) o a los proveedores de plaguicidas (MITRAB, 2001), muchas veces los productores eliminan los envases por otra vía y esto puede repercutir en el ambiente, en especial en las fuentes de agua (Amoabeng et al., 2017), por el hecho de que en las parcelas dejan los envases vacíos con residuos del plaguicida o con el agua residual del enjuague (Ntow et al., 2006).

Para que los envases sean utilizados en el programa CampoLimpio, los productores deben efectuar el triple lavado, el cual consiste en lavar internamente el envase del plaguicida tres

veces: se vierte $\frac{1}{4}$ de agua, luego se agita para obtener los residuos del enjuague, se vierte en el tanque de aplicación para ser utilizado en los cultivos y finalmente se perfora el envase para evitar su uso (MARENA, 2008).

Según este programa, los productores tienen la obligación de entregar los envases a cualquiera de los cuatro centros de acopio establecidos en Jinotega (Anexo 12), Chinandega, León y Tipitapa; dichos centros de acopio son administrados por ANIFODA (MARENA, 2008). Cabe mencionar que dicha asociación no se encuentra en funciones desde marzo de 2023 según el Acuerdo Ministerial N°27-2023-OSFL (Ministerio de Gobernación [MIGOB], 2023); por lo que urgen acciones orientadas a reducir el impacto de estos residuos en el ambiente.

El material que es reciclado se convierte en tubería de desagües y postes de cerca y para que los envases tengan una disposición final, se deben seguir los siguientes pasos:

- ✓ Recolectar los envases vacíos.
- ✓ Realizar el triple lavado y perforar los envases.
- ✓ Llevar los envases a un minicentro de acopio.
- ✓ Trasladar los envases del minicentro de acopio a un centro de acopio secundario.
- ✓ Triturar o compactar los envases.
- ✓ Trasladarlos a la planta de reciclaje o incinerar en horno (CropLife Latin America, 2023).

Así también el problema de la contaminación en las fuentes hídricas aumenta por la deriva del rociado producto de los fuertes vientos; por las intensas lluvias que arrastran los contaminantes que se encuentran en el suelo hasta los ríos, arroyos y océanos; y por la filtración de contaminantes a través del suelo (Walker et al., 2012). Este problema aumenta porque la mayoría de las fincas se encuentran cercanas a fuentes de agua; pues las fuentes son utilizadas por humanos, de modo que los residuos desechados pueden concentrarse en los tejidos y ser pasados a través de la cadena alimentaria (Ntow et al., 2006; Walker et al., 2012).

Generalmente, los productores conocen las posibles consecuencias en el ambiente y en la salud humana de los remanentes contenidos en los envases utilizados de plaguicidas, así como de no

realizar adecuadamente la eliminación de los envases; sin embargo, no les brindan importancia a los efectos que pueden tener los ingredientes activos, a pesar de que existe evidencia de que generan daños, por los cuales son prohibidos en la nación.

3.9. Resoluciones ministeriales relacionados con la prohibición de ingredientes activos y criterios para determinar plaguicidas altamente peligrosos

Tomando en consideración que existen ingredientes activos que poseen efectos negativos en la salud humana, ambiental y en la agricultura, se emitió la Resolución Ministerial N°002-2020, con la cual se estableció la prohibición del registro e importación de clorpirifos puro o compuesto en Nicaragua, ya que poseen potencial genotóxico, tóxico en la reproducción, aves, peces, entre otros (Comisión Nacional de Registro y Control de Sustancias Tóxicas [CNRCST], 2020). Otro ingrediente activo sujeto a prohibición fue terbufos, esto en cuanto a su registro, importación, distribución, venta y uso (CNRCST, 2014).

Así también, en la Resolución Ministerial N°165-2016, se prohibió el uso de plaguicidas clasificados por la OMS como clase Ia y Ib de banda roja por el daño que ocasionan en la salud humana. De la misma forma, se prohibirán los ingredientes activos que la OMS continúe clasificando como extremadamente y altamente peligrosos; no obstante, esta prohibición está sujeta a plaguicidas de uso doméstico y profesional (Ministerio de Salud [MINSAL], 2016).

Por otra parte, para diferenciar plaguicidas peligrosos de los menos peligrosos, comúnmente se usa la clasificación toxicológica de la OMS (OMS, 2019), para ello la Reunión conjunta FAO/OMS para la gestión de plaguicidas estableció que los plaguicidas altamente peligrosos deben ser clasificados al cumplir una de las siguientes características: Cumplir con los criterios de las clases Ia y Ib de la clasificación de la OMS; cumplir con los criterios de carcinogenicidad, mutagenicidad, toxicidad reproductiva para las categorías 1A y 1B del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA); los ingredientes activos establecidos en el Convenio de Estocolmo, de Rotterdam, en el protocolo de Montreal; o los ingredientes activos que dañen humanos o el medio ambiente (FAO & WHO, 2008).

Además de las medidas impuestas por las autoridades nacionales para garantizar la seguridad humana y ambiental por el daño ocasionado de ciertos ingredientes y categorías toxicológicas, se debe tener en consideración el conocimiento que poseen los productores con respecto al manejo del cultivo de repollo.

3.10. La capacitación de los productores en la toma de decisiones del manejo del repollo

Debido a que los productores no reciben frecuentemente capacitaciones, realizan actividades que no corresponde con buenas prácticas para el manejo de plagas en las parcelas. Es por ello que a los productores se les dificulta monitorear plagas y controlarlas en el momento apropiado, ya que la mayoría se basa en el criterio de calendarización para realizar aplicaciones; de manera que aplican en periodos programados sin tener en cuenta el estado de la plaga, con el fin de controlarlas. Por lo tanto, al realizar aplicaciones, puede que se encuentren o no las plagas, de modo que no existen niveles que justifiquen el control (Amoabeng et al., 2017).

Otro punto importante es que el bajo nivel de educación dificulta la lectura y comprensión de las etiquetas o panfletos de los plaguicidas, por lo que se emplean dosis y aplicaciones diferentes a las recomendadas por el fabricante; con lo cual se genera resistencia a ingredientes activos específicos. Comúnmente, los productores de repollo no consideran el uso responsable de los productos fitosanitarios en relación con el manejo de plagas y la protección de la salud humana al exponerse a plaguicidas. En consecuencia, al no tener en cuenta el uso responsable de los plaguicidas, es de esperarse que se dificulte el manejo de las plagas y que sea inútil el esfuerzo del manejo (Amoabeng et al., 2017).

Los productores que poseen educación formal tienden a cumplir con las dosis y aplicaciones recomendadas por los fabricantes de plaguicidas, a diferencia de aquellos sin educación formal. Asimismo, la educación formal alta está relacionada con las buenas prácticas que se implementan en la parcela, ya que los productores comprenden mejor las actividades ligadas a capacitaciones relacionadas con el uso de plaguicidas y la reducción de intoxicaciones asociadas con el uso apropiado del EPP (Amoabeng et al., 2017).

Igualmente, realizar acciones para capacitar y supervisar las prácticas fitosanitarias de los productores puede presentar cambios positivos cuando está dirigida hacia la agricultura de bajo impacto ecológico y social (Amoabeng et al., 2017, Ntow et al., 2006), por lo que es conveniente tener conocimientos sobre el impacto que genera el uso de plaguicidas en las actividades productivas.

3.11. Periodos de carencia de plaguicidas y su relación con la salud pública

Según Quiceno et al. (2018), el periodo de carencia hace referencia al tiempo mínimo transcurrido entre la última aplicación y la cosecha. En el caso de aplicaciones poscosecha, es el intervalo que ocurre entre la última aplicación y el consumo del producto vegetal. En otras palabras, es el tiempo necesario que requiere un plaguicida para que este se logre disipar del fruto o producto comestible, hasta que logre llegar a una concentración menor al Límite Máximo de Residuos (LMR) establecido por las autoridades. Cabe destacar que el LMR puede variar con base en la cantidad de residuos que contenga cada producto en las cabezas de repollo expresado en mg de residuo por kg de alimento (Tinoco, 2023).

Generalmente, los productores desconocen este concepto y dicho desconocimiento atenta contra la salud pública al incrementar el riesgo de que el consumidor final ingiera alimentos contaminados químicamente, como consecuencia de una inadecuada práctica fitosanitaria. Así mismo, realizar mezclas de varios plaguicidas en una sola pulverización aumenta los riesgos de intoxicaciones y daños congénitos en la salud humana (Amoabeng et al., 2017; Porcel de Peralta et al., 2011).

Por esta razón, el parámetro usado como referencia para definir el periodo de carencia consiste en los LMR definidos en el Codex Alimentarius, los cuales deben ser adecuado a las características de cada país. Esto se hace con el fin de garantizar inocuidad alimentaria y favorecer el comercio internacional (FAO & WHO, 2017; Quiceno et al., 2018). Nicaragua aún no cuenta con este parámetro de los LMR; no obstante, se está elaborando una propuesta de Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) para aplicarlo en los productos agrícolas, con el fin de que se encuentren libres de residuos en el momento de ser consumidos (Pezzarossi et al., 2023).

En Nicaragua, la Ley N°274 indica que el ente encargado de regular, brindar y revisar cada información del producto como motivo de consulta sobre el uso de sustancias tóxicas y otras similares es la Comisión Nacional de Registro y Control de Sustancias Tóxicas (CNRCST) (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 1998). Y en la resolución ICA 075487 de 2020, se plantean lineamientos para el establecimiento de los periodos de carencia, los cuales indican la determinación de estos, pues se propone calcularlos mediante la metodología de curvas de disipación a través de resultados obtenidos con estudios de residualidad en la interacción del ingrediente activo/cultivo (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2020, 2022).

Igualmente, tomando en consideración que existen algunos factores que influyen en la determinación del periodo de carencia (Figura 1), cuatro de ellos tienen un papel importante en el momento de realizar la estimación de este: tamaño del fruto en el momento que se realiza la aplicación, especie, técnica de aplicación y zona agroecológica (Allister et al., 2017).

Para que esta determinación sea confiable, debe ser realizada en el ámbito de campo implicado en trabajos experimentales o condiciones similares. Sin embargo, los plaguicidas son considerados indispensables para la producción, por lo cual es de importancia hacer un buen uso de estos. Además, considerar las indicaciones del fabricante puede evitar intoxicaciones y se puede disminuir el impacto ambiental (Quiceno et al., 2018).

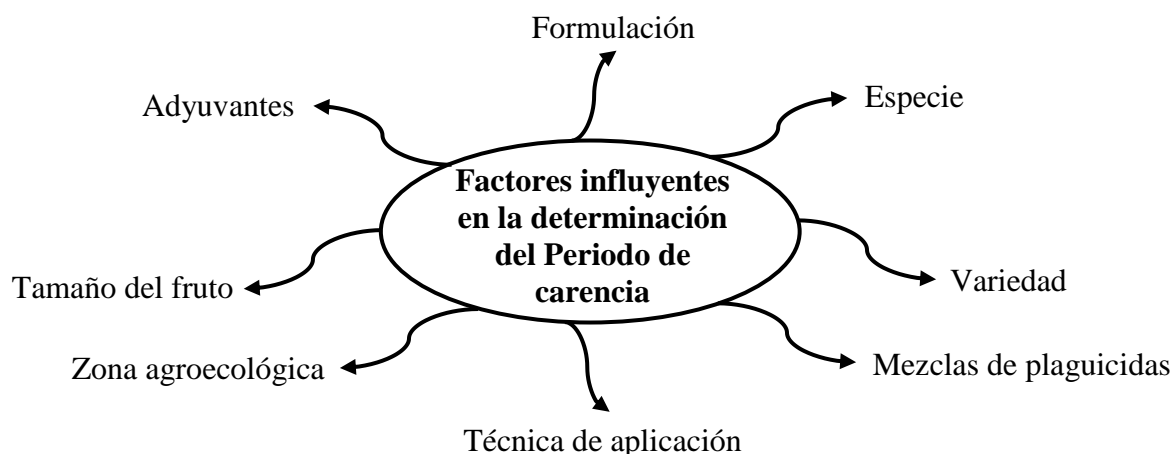


Figura 1. Factores que influyen en la determinación de los periodos de carencia.

Fuente: Allister et al., 2017.

3.12. Cociente de Impacto Ambiental

El Cociente de Impacto Ambiental (CIA) fue desarrollado por el Departamento de Manejo Integrado de Plagas de la Universidad de Cornell, Estados Unidos, con el propósito de calcular el impacto potencial en el ambiente y la salud humana por el uso de plaguicidas en la agricultura.

Con los resultados generados a partir de la fórmula del CIA, se realizan comparaciones entre plaguicidas y con ello, se indica el plaguicida con menor impacto ambiental. El método puede ser usado en manejo integrado de plagas, ya que al conocer con anticipación el menor impacto ambiental de plaguicidas, se toma la decisión de aplicar o no en una determinada zona (Kovach et al., 1992).

El valor del CIA de un ingrediente activo se determina calculando la información de 11 parámetros, de ellos se obtienen ocho indicadores respecto a su efecto en el aplicador, recolector, consumidor, aguas subterráneas, peces, aves, abejas y artrópodos. Luego, los datos obtenidos se calculan según los tres componentes: trabajador agrícola, consumidor y ambiente. Los datos se suman y finalmente se promedian los tres componentes y así se obtiene el valor del CIA (Kovach et al., 1992).

Para comparar plaguicidas o programas de manejo de plagas, se utiliza la fórmula de la Tasa de Uso de Campo del CIA, la ecuación emplea el valor del CIA del ingrediente activo, la dosis, el porcentaje del ingrediente activo y la frecuencia de aplicación del plaguicida usado. Se debe mencionar que las comparaciones entre los plaguicidas o programas de manejo de plagas se hace solamente en relación con la Tasa de Uso de Campo del CIA (Kovach et al., 1992).

El CIA es un indicador de riesgo útil en la estimación de impacto ambiental, ya que se puede seleccionar plaguicidas que presentan menor riesgo para el humano y el medioambiente. A su vez, permite identificar los riesgos asociados a los tres componentes del CIA, determinar el aumento o disminución del uso de plaguicidas, elegir la mejor alternativa para el manejo de plagas, y puede considerarse como material para ejecutar investigaciones relacionadas con la salud y el impacto ambiental (FAO, 2008).

Pese a que el CIA presenta ventajas en su utilización, ha sido cuestionada por las limitantes que posee; ya que puede sugerir un posible daño ambiental donde no existe o sugerir que un plaguicida es seguro cuando es posible que no lo sea. Es decir, el hecho de que sea un indicador de riesgo no implica que se relacione directamente con las condiciones verdaderas a las que están expuestos los humanos y el ambiente, ya que se necesitan investigaciones exhaustivas para evaluar los riesgos. Así mismo, no toma en consideración los efectos de los ingredientes inertes de formulaciones de plaguicidas, así como tampoco el manejo y las prácticas incorrectas que realizan los trabajadores ya sea antes, en el momento o después de aplicar plaguicidas. Por último, la Concentración Letal Media (CL₅₀) y tampoco incluye las condiciones del suelo (Dushoff et al., 1994; FAO, 2008).

Muchos países han optado por utilizar el método del CIA debido a las ventajas que supone, pues el impacto ambiental medido a través de la metodología de Kovach (1992) ha tenido diversos enfoques como la comparación del impacto ambiental en diversos cultivos, plaguicidas y sistemas de producción; también se ha empleado para determinar la reducción del uso de plaguicidas y el impacto económico a lo largo de los años. Finalmente, los resultados de los diversos enfoques del impacto ambiental deben ser considerados como riesgos probables para causar daño, por lo que se debe fomentar mejores sistemas de producción (Brookes, 2022; Gaona et al., 2019; Mwangi et al., 2020; Vargas-González et al., 2019).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación y fecha del estudio

El estudio se desarrolló en dos zonas de producción de repollo del macizo central montañoso en Nicaragua, específicamente en los departamentos de Jinotega y Matagalpa (Figura 2), en la época de postrera (agosto-diciembre) del año 2022. La zona de Jinotega se encuentra entre las coordenadas 13°05'N y 86°00'O a una altitud de 1,003.87 m.s.n.m, la temperatura promedio oscila entre los 18°C y 28°C, con precipitaciones entre 1,500 y 2,500 mm. La zona de Matagalpa se encuentra entre las coordenadas 12°55'N y 85°55'O a una altitud de 681.84 m.s.n.m. la temperatura promedio oscila entre los 19°C y 25°C, con precipitaciones entre 1,200 y 2,300 mm (Instituto Nacional de Información de Desarrollo [INIDE], 2001; 2021).

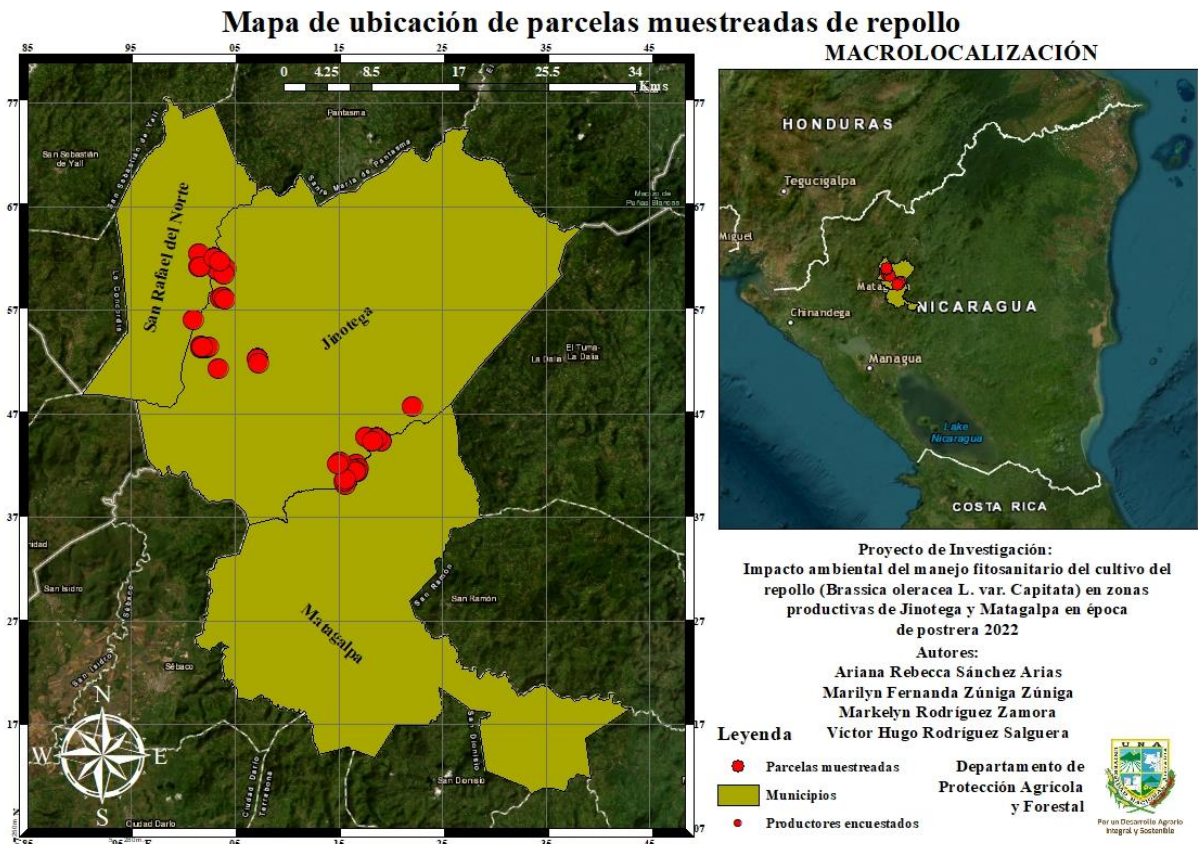


Figura 2. Ubicación de las parcelas para realizar encuestas sobre el manejo fitosanitario empleado en las áreas de producción de repollo.

Cuadro 3. Número de productores y comunidades donde se realizaron encuestas sobre el manejo fitosanitario, empleado en las áreas de producción de repollo de ambas zonas.

| Departamento | Municipio | Comunidad | Productores |
|---------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------|
| Jinotega | Jinotega | Apanás | 2 |
| Jinotega | Jinotega | Las Latas | 1 |
| Jinotega | Jinotega | Las Lomas | 1 |
| Jinotega | Jinotega | San Gabriel | 2 |
| Jinotega | Jinotega | Santa Teresa | 2 |
| Jinotega | Jinotega | Sasle | 4 |
| Jinotega | Jinotega | Tomatoya | 6 |
| Jinotega | San Rafael del Norte | El Carril | 2 |
| Jinotega | San Rafael del Norte | El Mojón | 10 |
| Jinotega | San Rafael del Norte | San Francisco de los Horcones | 3 |
| Matagalpa | Matagalpa | San José de las Vegas | 2 |
| Matagalpa | Matagalpa | El Arenal | 1 |
| Matagalpa | Matagalpa | La Esmeralda | 2 |
| Matagalpa | Matagalpa | La Fundadora | 6 |
| Matagalpa | Matagalpa | La Habana | 2 |
| Total | | | 46 |

4.2. Diseño metodológico

La investigación es cuantitativa no experimental de tipo transversal. Se realizó en época de postrera con productores de repollo de los departamentos de Jinotega y Matagalpa. Se aplicaron 46 encuestas y se le entregaron libros de registro a 46 productores de repollo (Anexo 2), de los cuales ocho los completaron correctamente. Para validar la encuesta, se ejecutó una prueba piloto con cinco productores y de esa forma se realizaron cambios menores en la encuesta para que fuese más sencilla de aplicar. En el momento que se les entregó el libro de registro, se les explicó en detalle cómo debían llenarlo y se les brindó seguimiento para el llenado durante el ciclo del cultivo.

El tipo de muestreo fue no probabilístico con muestreo en cadena¹ y muestreo por conveniencia² (Hernández et al., 2014), y se consideraron los siguientes criterios para seleccionar a los encuestados:

- ✓ Ser productor tradicional de repollo.
- ✓ Haber sido productor de repollo como mínimo tres años de su última siembra.
- ✓ Aceptar los términos planteados en el consentimiento informado de la encuesta.

4.3. Recolección de datos

Para obtener información sobre el impacto ambiental generado por los productores debido al uso de plaguicidas, se procedió a recolectar los datos utilizando la plataforma offline KoboToolbox³ que utiliza licencia de código abierto GNU (General Public License), lo cual permite a los usuarios modificar y distribuir versiones de un programa. KoboToolbox es desarrollada por la Iniciativa Humanitaria de Harvard y se fundó en 2005 por Phuong Pham y Patrick Vinck (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, [UNOCHA] 2022).

KoboToolbox surge a partir de las limitaciones observadas en campo para realizar investigaciones. En la plataforma, se pueden desarrollar formularios para tomar datos en campo, los que pueden ser llenados en formularios web o en la aplicación KoboCollect para dispositivos Android. Además, los datos se pueden llenar en dispositivos de escritorio, los cuales funcionan con o sin conexión a internet, ya que KoboCollect se sincroniza automáticamente con la nube cuando el dispositivo se conecta a internet (UNOCHA, 2022).

Para aplicar las encuestas semiestructuradas a productores de las zonas de estudio, previamente se elaboró el formato de la encuesta en la plataforma KoboToolbox en un computador y luego

¹ Según Hernández et al. (2014) el muestreo en cadena o por redes: Es un método de muestreo, donde se seleccionan participantes de acuerdo a su juicio y luego se les preguntan si conocen sobre otras personas que puedan ampliar la información.

² Según Hernández et al. (2014) el muestreo por conveniencia: Es un muestreo donde los individuos se seleccionan de acuerdo al alcance que se posee.

³ <https://kobo.humanitarianresponse.info/accounts/login/>

se utilizó la aplicación KoboCollect (KoboToolBox, 2022) para aplicar las encuestas en campo (Anexo 1). Una vez obtenida la encuesta en KoboCollect, previo a la aplicación de esta, se explicó a cada productor los alcances del estudio y se les leyó el consentimiento informado. Es importante mencionar que antes de la recolección de datos se hizo un pilotaje del instrumento, con cinco productores, el cual permitió perfeccionarlo.

Al terminar de validar el documento en campo, se les realizó la encuesta para obtener datos de información personal, información de la parcela, experiencia productiva, manejo de plagas insectiles, manejo de enfermedades, manejo de malezas, uso seguro de agroquímicos, plaguicidas y ambiente. En el momento de realizar las encuestas, se utilizó un catálogo que contenía imágenes de problemas fitosanitarios del cultivo de repollo, el cual servía de guía para que los encuestados eligieran las plagas que se les presentaba. Así, se aplicaron 46 encuestas, las que tenían una duración aproximada de 1 a 2 h.

4.4. Análisis de información secundaria

4.4.1. Identificación de grupos químicos utilizados por los productores

Haciendo uso de la encuesta, se les preguntó a los productores los nombres comerciales de los plaguicidas que utilizaban para el manejo de plagas. Asimismo, para comprobar la autenticidad de la información, se les solicitó los envases o panfletos de los productos y se les tomó fotografías. Luego se buscó el nombre del ingrediente activo en la base de datos Pesticide Properties Database (PPDB) (Agriculture & Environment Research Unit [AERU], 2022) y en la aplicación móvil Global Resistance Management (Intraspin.com, 2022), con el fin de verificar el grupo químico al que pertenecía el ingrediente activo. Con ello, se registró información de grupo químico, nombre genérico y nombre comercial, y se calculó el porcentaje de los productores que utilizaron grupos químicos en común.

4.4.2. Determinación de periodos de carencia

Para determinar el cumplimiento e incumplimiento de los periodos de carencia, en el libro de registro se anotaron los nombres comerciales de los plaguicidas aplicados en el ciclo del cultivo, la fecha de establecimiento, la última fecha de aplicación y la fecha de cosecha. En el periodo

de carencia, se le restó la última fecha de aplicación y si el resultado era positivo, eso indicó que el productor respetó el periodo de carencia; de lo contrario, se asumió que los productores no respetaron este criterio. Luego se obtuvo el porcentaje de las aplicaciones de plaguicidas realizadas en Jinotega y Matagalpa por ocho productores en todo el ciclo del cultivo.

4.4.3. Cálculo del impacto ambiental del uso de plaguicidas en el cultivo de repollo

Cálculo de Tasa de Uso de Campo de CIA

Para determinar el impacto ambiental correspondiente a las zonas de producción, se empleó la fórmula de Kovach et al. (1992) de la Tasa de Uso de Campo de CIA. El cálculo se obtuvo de los datos de los libros de registros para comparar y determinar el mayor o menor impacto ambiental en Jinotega y Matagalpa.

Para realizar el cálculo, se debe conocer el CIA de los ingredientes activos usados por los productores. Los valores del CIA se adquirieron a través de valores actualizados en la tabla de Plaguicidas de CIA encontrada en el sitio web de la Universidad de Cornell⁴ (Eshenaur et al., 2020). Al obtener el valor del CIA, se procedió a realizar los cálculos de uso de campo mediante la siguiente fórmula:

$$**Tasa de Uso de Campo de CIA = CIA \times \% i. a \times Dosis \times Frecuencia**$$

Donde:

CIA = Valor de cociente de impacto ambiental

% i.a = Porcentaje de ingrediente activo del producto formulado

Dosis = Cantidad de producto comercial aplicado en campo en kg y L

Frecuencia = Número de aplicaciones

⁴ <https://cals.cornell.edu/new-york-state-integrated-pest-management/risk-assessment/eiq>

Tasa de Impacto Ambiental Total

Los datos de la Tasa de Uso de Campo de CIA de los plaguicidas obtenidos a partir de las parcelas seleccionadas que se usaron en todo el ciclo del cultivo se sumaron para generar la Tasa de Impacto Ambiental Total (TIAT) por zona de producción y por efecto biocida (insecticida, fungicida y herbicida) en las zonas de Jinotega y Matagalpa; y se comparó entre ambas.

4.5. Variables evaluadas

En el siguiente cuadro, se describen las variables consideradas en este estudio.

Cuadro 4. Operacionalización de las variables del estudio.

| Variables | Dimensión | Indicador | Conceptualización |
|--------------------------------|---|---|--|
| Información de los productores | Sexo | Masculino/Femenino | Género de las personas |
| | Edad | Años | Edad de las personas |
| | Nivel de educación | Grados | Nivel de educación de las personas |
| Información de la parcela | Área | Extensión de superficie | Área de la parcela establecida |
| | Variedad cultivada | Grupo de plantas | Variedades utilizadas para la siembra |
| | Tenencia de la tierra | Estado legal | Estado legal de la parcela |
| | Acceso al agua | Accesibilidad al recurso agua | Disposición del agua en la parcela |
| | Distancia a la parcela de la fuente de agua | Lejanía del recurso agua | Distancia del agua |
| Experiencia productiva | Años en el rubro | Experiencia | Años dedicados al rubro de repollo |
| | Asistencia técnica | Asistencia técnica por parte de empresas, instituciones y ministerios | Si ha recibido asistencia técnica por parte de empresas, instituciones y ministerios |
| | Capacitaciones | Capacitaciones por parte de empresas, instituciones y ministerios | Si ha recibido capacitaciones sobre el uso racional de plaguicidas y detección de plagas por empresas, instituciones y ministerios y hace cuanto recibió la capacitación |

| Variables | Dimensión | Indicador | Conceptualización |
|--|--|---|---|
| Manejo de plagas insectiles y moluscos | Principales plagas insectiles y moluscos | Percepción de los productores de las plagas insectiles y moluscos | Percepción del productor del daño |
| | Manejo de insectos y moluscos | Métodos utilizados para el manejo de insectos y moluscos | Si realiza manejo cultural, biológico, convencional, etológico y botánico |
| | Información sobre nombre genérico, dosis y frecuencia | Insecticidas usados por los productores | Ingredientes activos, dosis y frecuencia en el ciclo del cultivo |
| | Criterios de decisión para realizar aplicaciones | Criterios empleados en la aplicación de insecticidas | Criterios para aplicar insecticidas y cebos |
| | Incremento de dosis de acuerdo con la alta incidencia | Incremento de dosis de insecticidas | Si aumenta las dosis según la incidencia de insectos y moluscos |
| | Incremento de frecuencia de aplicación de acuerdo con la alta incidencia | Incremento de frecuencia de insecticidas | Si aumenta la frecuencia de insecticidas y cebos según la incidencia de los insectos y moluscos |
| Manejo de enfermedades | Principales enfermedades | Percepción de los productores de las enfermedades | Percepción del productor del daño |
| | Manejo de enfermedades | Métodos utilizados para el manejo de enfermedades | Si realiza manejo cultural, biológico, convencional, etológico y botánico. |
| | Información sobre nombre genérico, dosis y frecuencia | Fungicidas y bactericidas usados por los productores | Ingredientes activos, dosis y frecuencia en el ciclo del cultivo |
| | Criterios de decisión para realizar aplicaciones | Criterios empleados en la aplicación de fungicidas y bactericidas | Criterios para hacer aplicaciones de fungicidas y bactericidas |
| | Incremento de dosis de acuerdo con la alta incidencia | Incremento de dosis de fungicidas y bactericidas | Si aumenta las dosis de fungicidas y bactericidas según la incidencia de enfermedades |
| Incremento de frecuencia de aplicación de acuerdo con la alta incidencia | Incremento de frecuencia de fungicidas y bactericidas | Si aumenta la frecuencia según la incidencia de enfermedades | |

| Variables | Dimensión | Indicador | Conceptualización |
|----------------------------|--|---|---|
| Manejo de malezas | Manejo de malezas | Percepción de los productores de las malezas | Si realiza manejo cultural, biológico, convencional, etológico, botánico y otros. |
| | Información sobre nombre genérico, dosis y frecuencia | Métodos utilizados para el manejo de malezas | Ingredientes activos, dosis y frecuencia en el ciclo del cultivo |
| | Criterios de decisión para realizar aplicaciones | Herbicidas usados por los productores | Criterios para aplicar herbicidas |
| | Incremento de dosis de acuerdo con la alta abundancia | Incremento de dosis de herbicidas | Si aumenta las dosis de herbicidas según la abundancia de malezas |
| | Incremento de frecuencia de aplicación de acuerdo con la alta abundancia | Incremento de frecuencia de herbicidas | Si aumenta la frecuencia de herbicidas según la abundancia de malezas |
| Uso seguro de agroquímicos | Dosificación para realizar aplicaciones | Información utilizada para realizar aplicaciones de plaguicidas | Tipo de información utilizada para ejecutar las aplicaciones |
| | Periodo de reingreso | Periodo de reingreso a la parcela al realizar aplicaciones de plaguicidas | Tiempo que transcurre después de realizar aplicaciones para ingresar a la parcela |
| | Utilización del EPP | Protección utilizada al aplicar plaguicidas | Si utiliza protección al realizar aplicaciones |
| | Intoxicación por plaguicidas agrícolas | Síntomas de intoxicación por plaguicidas | Si presentó intoxicación y los síntomas que notó |
| | Transporte de los plaguicidas hacia la finca | Vehículo utilizado para transportar plaguicidas a la finca | Vehículo utilizado para el transporte de los plaguicidas |
| Plaguicidas y ambiente | Almacenamiento para plaguicidas | Lugar de almacenamiento para plaguicidas | Si cuenta con un lugar para almacenar plaguicidas |
| | Manejo de desechos sólidos | Manejo de los envases de los plaguicidas | Si cuenta con un lugar para almacenar desechos sólidos |
| | Triple lavado | Realización del triple lavado en envases | Si realiza el triple lavado |

| Variables | Dimensión | Indicador | Conceptualización |
|------------------|--|--|---|
| | Lavado del equipo de aplicación y protección | Lavado del equipo de aplicación y protección después de realizar las aplicaciones de plaguicidas | Lugar donde lava el equipo de aplicación y protección |
| | Mezclas de plaguicidas | Mezclas de plaguicidas realizadas por los productores | Si realiza mezclas de plaguicidas |
| | Rotación de plaguicidas | Realización de rotación de plaguicidas | Si realiza rotación de plaguicidas y la razón por la que lo hace. |
| | Periodo de carencia | Fechas de aplicaciones de los plaguicidas en el ciclo del cultivo | Intervalo entre la última aplicación y la cosecha |
| | Impacto ambiental | Comparación y determinación del plaguicida con menor impacto ambiental | Tasa de Uso de Campo de CIA |

4.6. Análisis de datos

Una vez finalizadas las encuestas en KoboCollect y recuperados los libros de registros, se procedió a descargar, ingresar y procesar los datos en el programa Microsoft Excel (Versión 2022).

Considerando que los datos sobre TIAT y por efecto biocida fueron normales a través de la prueba de Shapiro-Wilks (Anexo 13), se compararon las zonas de Jinotega y Matagalpa por medio de una T-Student (Cuadro 14) para dos muestras independientes usando la versión estudiantil 2020 del programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2023).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio están divididos en tres partes. La primera parte corresponde a la caracterización del manejo fitosanitario que los productores realizan en el cultivo de repollo, la segunda es sobre grupos químicos utilizados y sus periodos de carencia, y, finalmente, la tercera trata sobre prácticas asociadas al uso de agroquímicos y al impacto que están teniendo en el ambiente en general.

5.1. Caracterización del manejo fitosanitario en el cultivo de repollo

5.1.1. Información general del productor

La producción de repollo en la zona de Jinotega y Matagalpa es realizada en su totalidad por hombres, cuyo nivel escolar promedio es educación primaria completa e incompleta, de modo que conforman el 60.8 %, (30.4 % y 30.4 % respectivamente) y el 15.2 % no recibió educación (Figura 3). El rango de edad de los productores que se dedican al rubro de repollo se encontró entre 21 y 68 años. El bajo nivel de escolaridad que posee la mayoría de los encuestados puede influir en las prácticas inadecuadas que realizaban en todo el ciclo del cultivo, ya que se les dificultaba comprender lo indicado en los envases o panfletos de los plaguicidas.

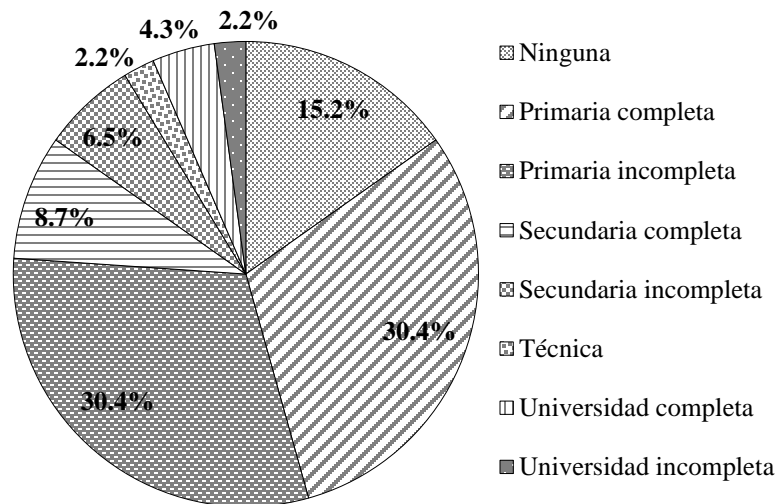


Figura 3. Porcentaje de nivel de educación de productores encuestados en Jinotega y Matagalpa.

5.1.2. Información de la parcela

Los cultivares de repollo frecuentemente sembrados son Escazú, correspondientes a 26 productores, e Izalco, correspondientes a 21 productores; ambas son variedades de tipo híbrido. Algunos productores mencionaban que ambos cultivares eran los mismos; no obstante, se encontró que poseen características diferentes en cuanto a los días de maduración (Instituto Nacional Tecnológico [INATEC], 2018).

La superficie promedio destinada para cultivar repollo es de 1.8 ha, lo que difiere con el promedio nacional de 0.18 ha (INIDE, 2011), este aumento puede deberse a que los productores alquilan parcelas en Jinotega y Matagalpa, ya que esas zonas son ideales para cultivar repollo. Además, el número de plantas promedio requeridas para sembrar 1 ha es de 51,570.

Con respecto a la tenencia de las unidades de producción, se determinó que el 50 % de los encuestados corresponde a arrendatarios; el 41.3 %, a propietarios; el 6.5 % a prestación de propiedades; y el 2.2 % son cuidadores, quienes tienen acceso a fuentes hídricas como quebradas (34.8 %) y ríos (30.4 %) (Figura 4).

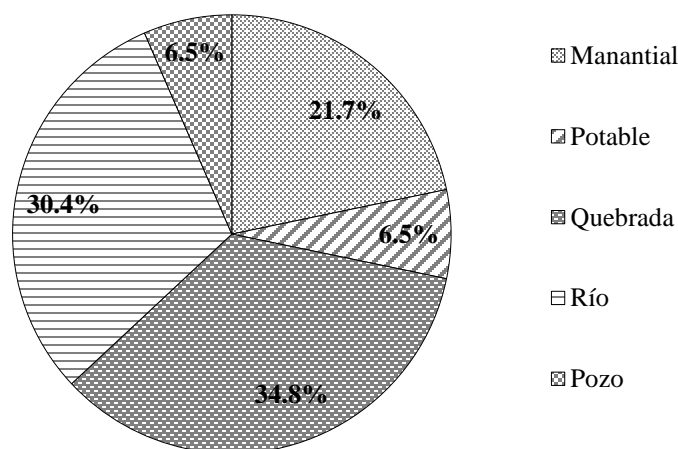


Figura 4. Distribución porcentual del acceso a las fuentes hídricas ubicadas en Jinotega y Matagalpa.

En cuanto a la distancia promedio de la parcela en relación con las fuentes hídricas, se encontró que las fuentes hídricas se encuentran relativamente cerca de las parcelas de repollo, de modo

que las quebradas se ubican a una distancia de 178 m, los manantiales a 141 m, los ríos a 132 m, el agua potable a 117 m y los pozos a 117 m.

La cercanía de las fuentes de agua a las parcelas puede repercutir en el ambiente, por el hecho de abandonar en el campo envases vacíos (Ntow et al., 2006), cuyos residuos pueden generar un impacto ambiental a la fauna, mantos acuíferos o bien pueden ir al mar como consecuencia de escorrentías propiciadas por fenómenos naturales como la lluvia (Walker et al., 2012); además de ingresar a la cadena alimentaria (Ntow et al., 2006; Walker et al., 2012). Es por ello, que se vuelve necesario que los consumidores entreguen los envases vacíos a los centros de acopio o agroservicios; y también que los organismos que están relacionados con la gestión de plaguicidas se involucren en las actividades de entrega y recolección de envases vacíos de plaguicidas, pues de esa manera se reduciría la contaminación en el ambiente.

5.1.3. Experiencia productiva capacitación y asistencia técnica

El 34.8 % de los productores poseen más experiencia en la producción de repollo con un rango mayor a 15 años, el 15.2 % pertenece al rango entre 11 a 15 años, el 30.4 % corresponde al rango entre 5 a 10 años y el 19.6 % es menor a 5 años.

El 67.4 % de los encuestados han recibido asistencia técnica, mayormente por agroservicios⁵ (18), casas comerciales⁶ (16) y cooperativas (7); esas tres entidades son las que se han encargado de brindar asistencia técnica a productores de repollo en ambas zonas (Figura 5).

Es importante mencionar que ha sido poco el involucramiento de los actores nacionales (INTA, IPSA, MAG y MEFCCA) en cuanto a la asistencia técnica, esto repercute en las prácticas que ejecutan los productores porque no poseen una dirección que los lleve a una producción con el mínimo impacto en el ambiente por el uso de plaguicidas; para ello es importante dedicar acompañamiento (FAO & WHO, 2020b).

⁵ En este estudio, se define un agroservicio como cualquier entidad comercial que vende insumos agropecuarios a productores rurales.

⁶ En este estudio, se define una casa comercial a cualquier entidad comercial que abastece de insumos agropecuarios a nivel local a diferentes agroservicios.

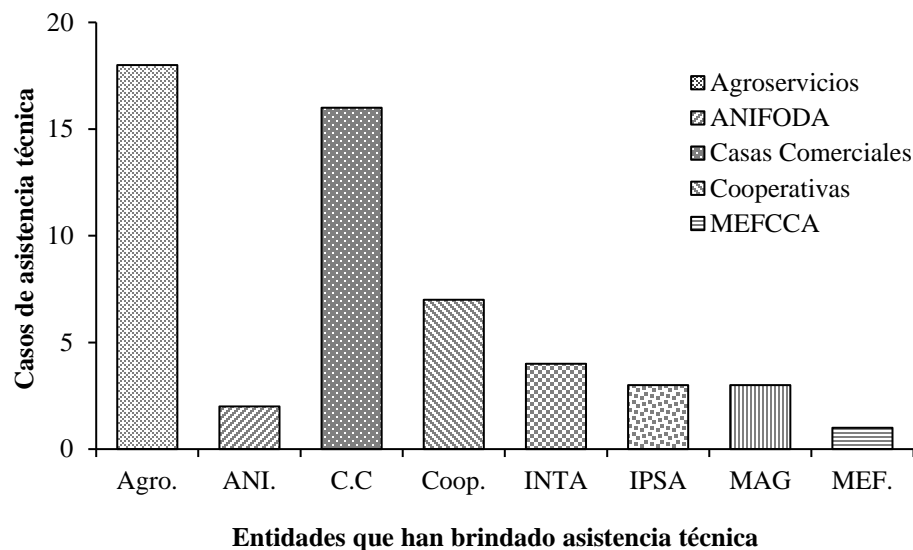


Figura 5. Entidades que brindan asistencia técnica en las zonas productivas de repollo en Jinotega y Matagalpa.

El 56.5 % de los productores mencionaron haber sido capacitados; principalmente en temas como Manejo Integrado de Plagas (18), Uso racional de plaguicidas agrícolas (16) y Plagas insectiles del cultivo de repollo (12) (Figura 6).

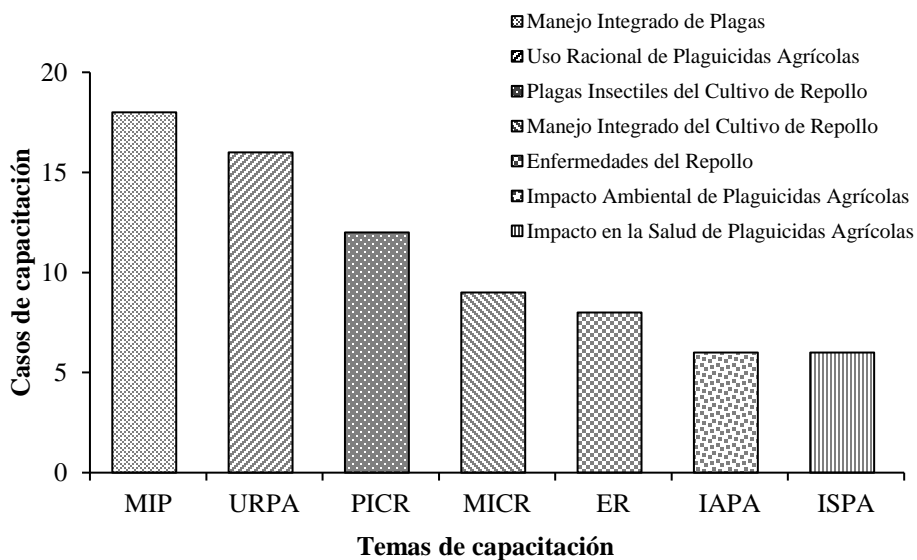


Figura 6. Temas de capacitación impartidos a productores de repollo.

Cuando se consultó si habían sido capacitados en uso seguro de plaguicidas, se identificó que solo agroservicios (6), cooperativas (6) y casas comerciales (5) habían brindado capacitaciones (Figura 7). Además, de los productores que manifestaron haber sido capacitados, 20 indicaron que fue hace menos de 5 años que habían recibido al menos una capacitación (Figura 8).

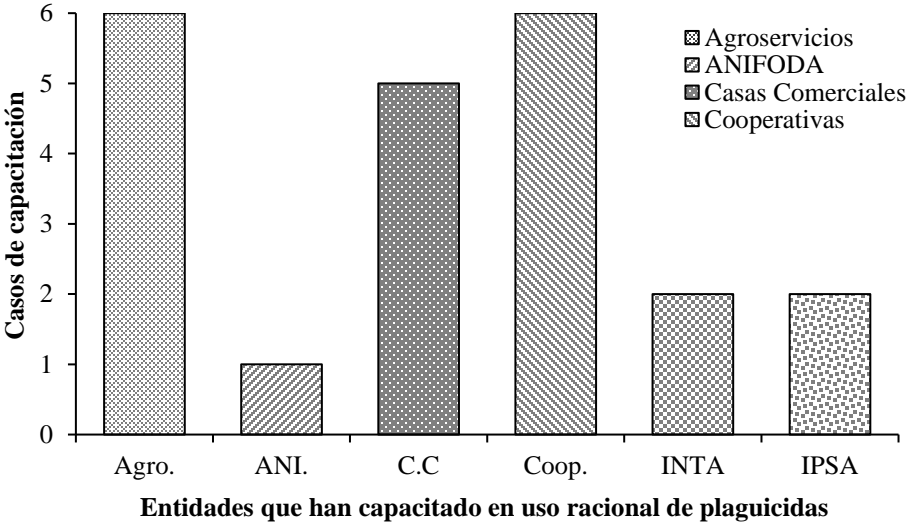


Figura 7. Principales entidades que han brindado capacitación en uso racional de plaguicidas

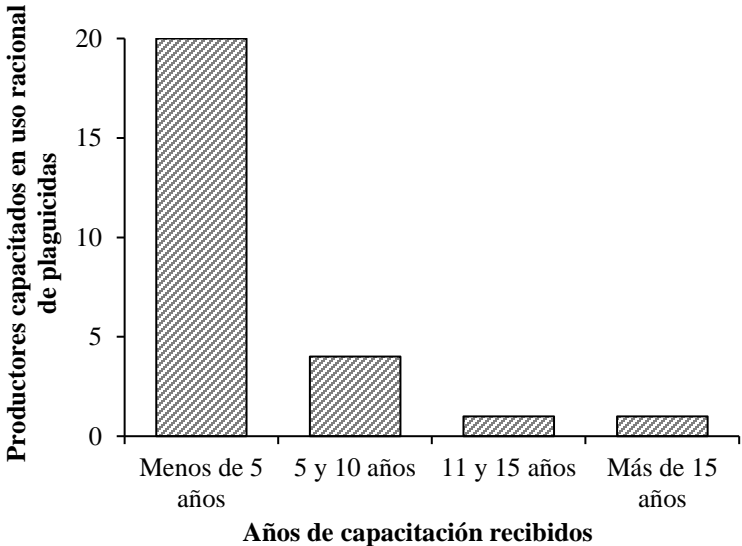


Figura 8. Años sin recibir capacitaciones en uso racional de plaguicidas.

Si bien es cierto, la mayoría de los productores han sido capacitados en temas generales de la producción agropecuaria, brindando más énfasis al MIP (18) y al uso racional de plaguicidas (16) (Figura 6). Son pocos los casos donde los productores han recibido capacitaciones en uso racional de plaguicidas por parte de autoridades competentes, sin embargo, entidades como agroservicios, casas comerciales y cooperativas han brindado más capacitaciones, demostrando el mínimo avance de estas entidades en menos de cinco años. Esto sugiere que las autoridades correspondientes deben de capacitar constantemente a los productores para que realicen un manejo eficiente de problemas fitosanitarios y del uso de agroquímicos.

Los productores encuestados, manifestaron que para contrarrestar los problemas fitosanitarios relacionados con insectos, moluscos, hongos, bacterias y malezas que se presentan en el repollo, realizan prácticas como rotación de cultivos (90) y eliminación de rastrojos (74). Normalmente consideran la observación del daño (103) o la prevención (90) como criterios para aplicar plaguicidas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Prácticas realizadas por los productores de repollo en las zonas de Jinotega y Matagalpa para manejo de problemas fitosanitarios y criterios para realizar aplicaciones de plaguicidas.

| Prácticas realizadas | Manejo de insectos y moluscos | Manejo de enfermedades | Manejo de malezas |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | Frec. absoluta | Frec. absoluta | Frec. absoluta |
| Rotación de cultivos | 45 | 45 | |
| Eliminación de rastrojos | 33 | 45 | |
| Trampas amarillas | 14 | | |
| Asocio de cultivos | 5 | 5 | |
| Uso de azadón | | | 42 |
| Manejo manual de malezas | | | 25 |
| Uso de machete | | | 21 |
| Criterios para dosificar | | | |
| Observación del daño | 37 | 39 | 27 |
| Prevención | 29 | 30 | 31 |
| Calendarización | 12 | 9 | 11 |
| Muestreo | 3 | 1 | |
| Experiencia | | 2 | 1 |

Generalmente para el manejo de plagas insectiles y enfermedades se realizan rotaciones con papa (50), frijol (48), lechuga (34) y maíz (30); los rastrojos se eliminan con machete (62), ubicándolos a la orilla de la parcela (31), eliminándolos con herbicidas (21) o incorporándolos dentro de la parcela (21); y el asocio de cultivos se emplea con cultivos como zanahoria (4) (Anexo 5), frijol (4), lechuga (4), maíz (2) y remolacha (2). El manejo de las malezas se realiza principalmente con azadón (42) (Cuadro 5).

En este estudio al igual que el de Rivera (2018), se encontró que dentro de las principales prácticas que ejecutan los productores en el manejo de problemas fitosanitarios se encuentra rotación de cultivos, eliminación de rastrojos y aplicaciones calendarizadas y Gutiérrez (2022) concuerda que los productores suelen rotar el cultivo de repollo con papa y granos básicos como frijol y maíz.

A pesar que en el Reglamento de la Ley N°274 se promueve el control y manejo integrado de plagas y enfermedades como métodos alternativos para disminuir el uso de plaguicidas (Presidencia de la República de Nicaragua, 1998), es notable en los hallazgos de las prácticas realizadas (Cuadro 6) que se emplea poco el uso de prácticas MIP.

Se encontró que el 60.9 % de los encuestados incrementan las dosis recomendadas por el fabricante cuando tiene alta incidencia de insectos y moluscos y el 76.1 % de los encuestados incrementa la frecuencia de aplicación recomendada por el fabricante cuando tiene alta incidencia de insectos y moluscos. Al igual que en las aplicaciones de insecticidas, se encontró que el 60.9 % de los encuestados incrementa las dosis recomendadas por el fabricante cuando tiene alta incidencia de enfermedades y el 67.4 % incrementa la frecuencia de aplicación recomendada por el fabricante cuando tiene alta incidencia de enfermedades.

El aumento de dosis y repetidas aplicaciones de plaguicidas puede generar resistencia de organismos plagas a los ingredientes activos (Amoabeng et al., 2017), y no solamente eso, sino que también puede que afecte la salud del consumidor, ya que las altas dosis pueden dejar residuos de plaguicidas en los productos cosechados, contaminar el suelo y provocar toxicidad

a organismos no objetivo. Seguir las indicaciones establecidas en los productos evitaría numerosos perjuicios en el ambiente y no se dificultaría la resistencia.

5.1.4. Principales problemas fitosanitarios en el cultivo de repollo

En el caso de afectaciones provocadas por insectos y moluscos, la mayoría de los productores concuerdan que *P. xylostella* (Anexo 6) es la principal plaga insectil en repollo; asignándole una calificación promedio de 8 en una escala valorativa del 1 al 10, este resultado corresponde con la información de la lista de insectos plagas reportados en el cultivo de repollo, generado por el IPSA, (2019) (Cuadro 2) donde establece que *P. xylostella* es considerada como plaga clave en el cultivo de repollo.

Otras plagas considerablemente valoradas fueron *Spodoptera* spp. (Anexo 6); comúnmente conocida como gusano cuerudo, *Phyllophaga* spp. y *Limax* spp. (dipe) (Anexo 6), se consideraron plagas importantes por las afectaciones provocadas en los cultivos (Figura 9). Aunque *Spodoptera* spp., *Phyllophaga* spp. y *Limax* spp. son consideradas plagas de gran importancia de acuerdo con el criterio de los encuestados, estas no han sido reportadas como plagas en el cultivo de repollo, tampoco se encuentran en la lista del IPSA *Sarasinula plebeia*, *Atta* spp. *Aphis* spp. y *Diabrotica* spp. a pesar de que los encuestados las consideraron como plagas y se pudo constatar en campo presencia de éstas.

Plagas insectiles como *Gryllus assimilis*, *Leptophobia* spp. y *Trichoplusia ni* se consideraron como plagas que causan menor daño. *G. assimilis* está presente en la lista de plagas del repollo del IPSA; en cambio, *Leptophobia* spp. no, y según los encuestados las consideran plagas de gran importancia en este rubro. Se debe añadir que, en este estudio los productores percibieron no solamente como plagas a insectos sino también a moluscos que no se registran en la lista del IPSA.

En adición, los productores que venden su producción a supermercados nacionales mencionaron que *Limax* spp. y *Sarasinula plebeia* eran las plagas de mayor importancia, debido a su capacidad de transmitir enfermedades zoonóticas⁷.

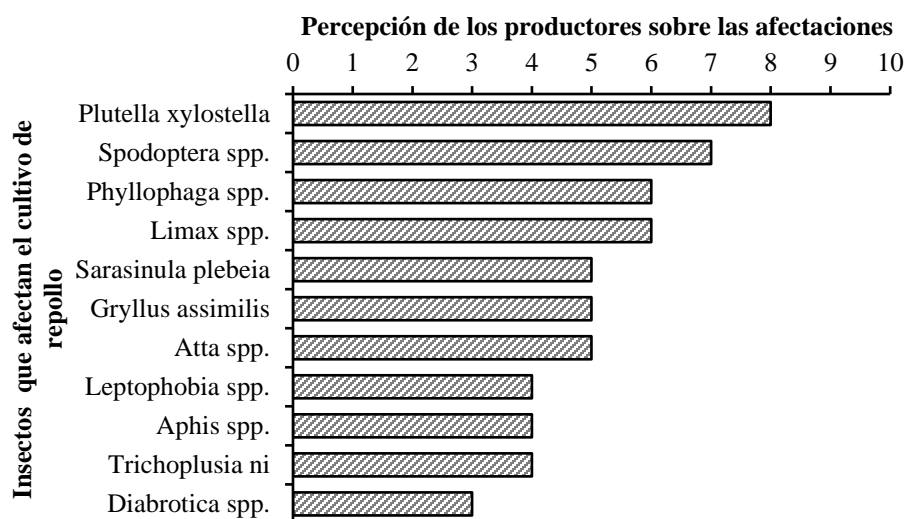


Figura 9. Percepción de los productores sobre afectaciones provocadas por plagas insectiles y moluscos en el cultivo de repollo.

Referente a las principales enfermedades encontradas en ambas zonas productivas, se determinó según la percepción de los productores que *Xanthomonas* spp. (Anexo 7) es considerada como el patógeno más importante que afecta el cultivo de repollo; y que *Sclerotinia* spp. (Anexo 7), *Fusarium* spp., *Mycosphaerella* spp. y *Erwinia* spp. son perceptibles como enfermedades que ocasionan daño, pero en menor escala que *Xanthomonas* spp. (Figura 10).

⁷ Según la RAE zoonosis es: una enfermedad que afecta a los animales y que puede ser transmitida al ser humano.

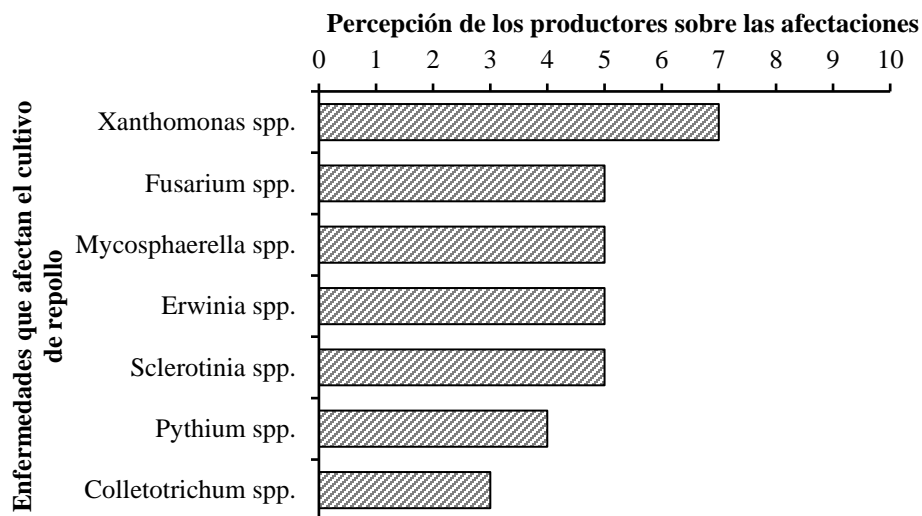


Figura 10. Percepción de los productores sobre afectaciones provocadas por patógenos en el cultivo de repollo.

5.2. Grupos químicos usados en Jinotega y Matagalpa y periodos de carencia de plaguicidas

En esta parte se hablará sobre los principales grupos químicos usados en el manejo de insectos, enfermedades y malezas por los productores de Jinotega y Matagalpa, registrados en las encuestas. Además, en la sección de los periodos de carencia se tomaron en cuenta los productos que se usaron en los libros de registro con el fin de determinar el cumplimiento de este criterio de aplicación al momento de hacer el manejo de plagas.

5.2.1. Grupos químicos utilizados para el manejo de plagas insectiles

En las zonas de Jinotega y Matagalpa se usan insecticidas pertenecientes a 13 grupos químicos, siendo los principales organofosforados (23.4 %), *B. thuringiensis* y las proteínas que producen (14.1 %) piretroides (12 %), oxadiazinas (10.7 %) y avermectinas (9.9 %). Otros grupos como diamidas y benzoilureas corresponden al 11.3 %, neonicotinoides y análogo de la nereistoxina al 10 %, carbamatos al 7 % y finalmente pirroles, espinosinas y fiproles al 6.6 %.

Además, los ingredientes activos más usados fueron indoxacarb (10.7 %) y profenofos (10.7 %), seguido de *B. thuringiensis* subesp. *aizawai* cepa ABTS-1857 (8.9 %), cipermetrina (6.8 %), oxamil (6 %), *B. thuringiensis* subesp. *kurstaki* cepa ABTS-351 (5.2 %) y benzoato de

emamectina (5.2 %). En general, los productores usan principalmente insecticidas moderadamente peligrosos (15) e insecticidas poco probable que presenten peligro agudo (14) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Grupos químicos utilizados por los productores encuestados en Jinotega y Matagalpa para controlar las principales plagas insectiles que afectan en ambas zonas.

| Grupo químico | Ingrediente activo | Aplic.* | f_i** | Clase*** |
|--|---|----------------|------------------------|-----------------|
| Análogo de la nereistoxina | Oxalato de hidrógeno de tiociclam | 4 | 14 | III |
| Avermectinas | Abamectina | 4 | 18 | II |
| Avermectinas | Benzoato de emamectina | 5 | 12 | III |
| Avermectinas+Oxadiazinas | Benzoato de emamectina+Indoxacarb | 2 | 1 | U |
| <i>Bacillus thuringiensis</i> y las proteínas que producen | <i>B. thuringiensis</i> subesp. <i>aizawai</i> cepa ABTS-1857 | 5 | 34 | U |
| <i>Bacillus thuringiensis</i> y las proteínas que producen | <i>B. thuringiensis</i> subesp. <i>kurstaki</i> cepa ABTS-351 | 3 | 20 | U |
| Carbamatos | Oxamil | 2 | 23 | Ib |
| Diamidas | Ciantraniliprol | 4 | 2 | U |
| Diamidas | Clortraniliprol | 3 | 17 | U |
| Espinosinas | Spinetoram | 6 | 4 | U |
| Espinosinas | Spinosad | 3 | 3 | U |
| Fenilpirazoles (Fiproles) | Fipronil | 3 | 4 | II |
| Neonicotinoides | Imidacloprid | 1 | 1 | U |
| Neonicotinoides | Tiametoxam | 5 | 1 | U |
| Neonicotinoides+Avermectinas | Acetamiprid+Benzoato de emamectina | 2 | 1 | U |
| Neonicotinoides+Piretroides | Imidacloprid+Deltametrina | 2 | 4 | II |
| Neonicotinoides+Piretroides | Tiametoxam+Cihalotrina-lambda | 3 | 8 | II |
| Neonicotinoides+Piretroides | Tiacloprid+Ciflutrina-beta | 4 | 3 | II |
| Organofosforados | Clorpirifos | 3 | 17 | II |
| Organofosforados | Diazinon | 2 | 9 | II |
| Organofosforados | Forato | 1 | 10 | Ib |
| Organofosforados | Malation | 5 | 2 | U |
| Organofosforados | Profenofos | 3 | 23 | II |
| Organofosforados | Terbufos | 1 | 6 | Ia |
| Organofosforados | Triazofos | 5 | 2 | II |
| Organofosforados+Benzoilureas | Profenofos+Lufenuron | 4 | 11 | II |
| Organofosforados+Benzoilureas | Profenofos+Lufenuron | 4 | 7 | III |
| Organofosforados+Piretroides | Dimetoato+Cipermetrina | 6 | 3 | II |
| Oxadiazinas | Indoxacarb | 4 | 21 | II |

| Grupo químico | Ingrediente activo | Aplic.* | fi** | Clase*** |
|-----------------------------|------------------------------------|----------------|-------------|-----------------|
| Oxadiazinas | Indoxacarb | 4 | 9 | U |
| Oxadiazinas | Indoxacarb | 4 | 10 | III |
| Piretroides | Cihalotrina-lambda | 6 | 3 | II |
| Piretroides | Cipermetrina | 5 | 23 | III |
| Piretroides | Deltametrina | 3 | 1 | II |
| Piretroides+Neonicotinoides | Bifentrina+Imidacloprid | 1 | 1 | U |
| Pirroles | Clorfenapir | 3 | 5 | II |
| Pirroles+Avermectinas | Clorfenapir+Benzoato de emamectina | 3 | 6 | U |

*Promedio de aplicaciones

**Frecuencia absoluta

***Clasificación según OMS

Ia: Extremadamente peligroso

Ib: Altamente peligroso

II: Moderadamente peligroso

III: Ligeramente peligroso

U: Poco probable que presente peligro agudo

El principal grupo químico encontrado en este estudio concuerda con lo hallado por Diallo et al. (2021) quienes encontraron que para el manejo de plagas insectiles se utiliza principalmente organofosforados. Igualmente Weinberger & Srinivasan (2009) reportaron que de los insecticidas comunes aplicados en repollo se encuentran organofosforados, piretroides y oxadiazinas; también coincide con Gutiérrez (2022) quien encontró en Estelí en época de postrera que dentro de los grupos más utilizados se encuentran *B. thuringiensis* y avermectinas y también coincide con los resultados de Rivera (2018) quien encontró en Masaya y Jinotega en época de primera que entre los grupos más utilizados se encuentran las avermectinas.

Así también, los resultados de Diallo et al. (2021) corresponde con los encontrados, ya que dentro de los ingredientes activos más usados están profenofos y benzoato de emamectina; y también Gutiérrez (2022) concuerda en que benzoato de emamectina es uno de los ingredientes activos usados. De manera similar Weinberger & Srinivasan (2009) informan que parte de los ingredientes activos mayormente usados son cipermetrina e indoxacarb.

Los ingredientes activos como oxamil, forato y terbufos (Cuadro 7) son utilizados por productores en Jinotega y Matagalpa, pese a que en Nicaragua se prohibió terbufos en la Resolución 01-2014 (CNRCST, 2014) y que también se prohibió plaguicidas de clase Ia y Ib para uso doméstico y profesional en la Resolución Ministerial N°165-2016, ya que los

ingredientes activos de banda roja provocan daños en la salud humana (MINSA, 2016); y que clorpirifos al presentar potencial genotóxico, tóxico en la reproducción, aves, peces, entre otros; todavía se comercializa aunque se prohibió a través de la Resolución Ministerial N°002-2020 (CNRCST, 2020). Esto puede ser producto de que los productores desconocen las resoluciones oficiales y también por el poco seguimiento que se les brinda por parte de la autoridad competente en materia de plaguicidas.

En el caso de los ingredientes activos de mayor uso en plagas insectiles, la EPA (2022) indica que indoxacarb, profenofos, oxamil y benzoato de emamectina no presentan peligro de contraer cáncer, en cambio la exposición continua a cipermetrina puede que esté asociado a un posible riesgo carcinógeno humano (Anexo 4).

Igualmente, se encontró que, dentro de la amplia variedad de insecticidas utilizados por los productores, solamente se usaron Kung Fu®, Cipermetrina® y Coragen®, que son parte de la lista de plaguicidas autorizados para el cultivo de repollo en Nicaragua (Anexo 8); lo que indica que la mayoría de los productores emplean cualquier insecticida autorizado o no para manejar plagas insectiles.

5.2.2. Grupos químicos utilizados para el manejo de enfermedades

En las zonas de estudio se utilizan 21 grupos químicos pertenecientes a fungicidas y bactericidas, de los cuales se emplea principalmente ditiocarbamatos (21.5 %) de los plaguicidas usados, continuando inorgánicos (18.5 %), benzimidazoles (15 %), triazoles (9.6 %) y cloronitrilos (8.8 %). Otros grupos como antibiótico glucopiranosilo, carbamatos y fosfonatos de etilo corresponden al 8.4 %, cianocetamida-oxima, metoxi-acrilatos, metoxi-carbamatos y oximino-acetatos al 7.7 %, antibiótico de tetraciclina al 6.2 % y finalmente ftalimidias, oxazolidina-dionas, piridina-carboxamidas, acilalaninas, amidas del ácido cinámico, amidas del ácido mandélico, benzotiazol y piperidinil-tiazol-isoxazolininas al 4.4 %.

Los ingredientes activos más usados fueron carbendazina (14.7 %), seguido de sulfato de cobre pentahidratado (12 %), mancozeb (10.8 %), propineb (10.8 %), clorotalonil (8.9 %) y

oxitetraciclina (6.2 %). En general, los productores utilizan principalmente 25 fungicidas y bactericidas de poco peligro agudo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Grupos químicos utilizados por los productores encuestados en Jinotega y Matagalpa para controlar las principales enfermedades que afectan en ambas zonas.

| Grupo químico | Ingrediente activo | Aplic.* | fi** | Clase*** |
|--|---|---------|------|----------|
| Acilalaninas+Ditiocarbamatos | Metalaxil+Mancozeb | 2 | 1 | U |
| Amidas de ácido cinámico+Cloronitrilos | Dimetomorf+Clorotalonil | 2 | 1 | U |
| Amidas del ácido mandélico | Mandipropamid | 2 | 1 | U |
| Antibiótico de tetraciclina | Oxitetraciclina | 2 | 5 | U |
| Antibiótico glucopiranosilo+Antibiótico de tetraciclina | Estreptomina+Oxitetraciclina | 2 | 9 | U |
| Antibiótico glucopiranosilo+Antibiótico de tetraciclina+Inorgánico | Estreptomina+Oxitetraciclina+Sulfato de cobre tribásico | 3 | 1 | U |
| Benzimidazoles | Carbendazina | 5 | 38 | U |
| Benzimidazoles | Tiabendazol | 2 | 1 | U |
| Benzotiazol | TCMTB (2-benzotiazol) (tiocianometiltio) | 4 | 1 | II |
| Carbamatos+Fosfonatos de etilo | Clorhidrato de Propamocarb+Fosetil aluminio | 2 | 6 | III |
| Cianoacetamida-oxima+Ditiocarbamatos | Cimoxanil+Mancozeb | 2 | 5 | U |
| Cloronitrilos | Clorotalonil | 5 | 22 | U |
| Ditiocarbamatos | Mancozeb | 4 | 18 | U |
| Ditiocarbamatos | Propineb | 4 | 28 | U |
| Ditiocarbamatos+Cianocetamida-oxima | Mancozeb+Cimoxanil | 5 | 4 | U |
| Ftalimidas | Captan | 12 | 1 | U |
| Inorgánico | Hidróxido de cobre | 4 | 2 | U |
| Inorgánico | Oxicloruro de cobre | 4 | 1 | III |
| Inorgánico | Oxicloruro de cobre | 5 | 9 | U |
| Inorgánico | Sulfato de cobre pentahidratado | 3 | 30 | U |
| Inorgánico | Óxido cuproso | 3 | 1 | U |
| Inorgánico | Caldo bordelés | 3 | 2 | III |
| Inorgánico+Antibiótico de tetraciclina | Sulfato de cobre pentahidratado+Oxitetraciclina | 2 | 1 | U |

| Grupo químico | Ingrediente activo | Aplic.* | f_i** | Clase*** |
|---|------------------------------|----------------|------------------------|-----------------|
| Inorgánico+Ftalimidias | Hidróxido de cobre+Folpet | 1 | 1 | U |
| Metoxi-acrilatos | Azoxistrobina | 5 | 3 | U |
| Metoxi-acrilatos+Triazoles | Azoxistrobina+Difeconazol | 5 | 2 | U |
| Metoxi-carbamatos+Triazoles | Piraclostrobina+Epoxiconazol | 3 | 1 | II |
| Oxazolidinodionas+Cianocetamida-oxima | Famoxadona+Cimoxanil | 2 | 1 | III |
| Oximino-acetatos+Triazoles | Trifloxistrobina+Tebuconazol | 3 | 7 | U |
| Piperidinil-tiazolisoaxazolinas+Oxazolidinodionas | Oxatiapirolina+Famoxadona | 3 | 1 | U |
| Piridina-carboxamidas+Metoxi-carbamatos | Boscalid+Piraclostrobina | 4 | 2 | U |
| Triazoles | Difenoconazol | 8 | 2 | III |
| Triazoles | Difenoconazol | 3 | 8 | U |
| Triazoles | Tebuconazol+Triadimenol | 3 | 5 | III |

*Promedio de aplicaciones

**Frecuencia absoluta

***Clasificación según OMS

Ia: Extremadamente peligroso

Ib: Altamente peligroso

II: Moderadamente peligroso

III: Ligeramente peligroso

U: Poco probable que presente peligro agudo

Los hallazgos encontrados se asemejan a los de Rivera (2018) y Weinberger & Srinivasan (2009) donde los grupos químicos predominantes en el cultivo de repollo para manejar enfermedades se hallan los ditiocarbamatos y benzimidazoles. Además, uno de los ingredientes activos más usados fueron carbendazina (14.7 %), este resultado es igual al hallado por Rivera (2018) y por Weinberger & Srinivasan (2009).

Con respecto a los ingredientes activos más empleados en el manejo de enfermedades carbendazina presenta probabilidades de contraer cáncer al igual que propineb, mancozeb (EPA, 2022) y clorotalonil (IARC, 2023; EPA, 2022); no obstante, el uso de oxitetraciclina indica que no es carcinógeno para humanos, ya que no es clasificable a carcinogenicidad (Anexo 4). Así también se ha comprobado que carbendazina es genotóxico (European Food Safety Authority [EFSA], 2022).

Por otro lado, se halló que, de los fungicidas mencionados por los productores en ambas zonas, se hacen aplicaciones de dos fungicidas que se encuentran autorizados por la autoridad competente para uso en repollo; los cuales son Clorotalonil® y Knight® (Anexo 8). Esto sugiere que se utilizan más plaguicidas no permitidos en el país y puede que se comercialicen de forma ilegal.

5.2.3. Grupos químicos utilizados para el manejo de malezas

Se encontró que se usan seis grupos químicos pertenecientes a herbicidas, siendo glicinas el grupo más empleado (32.6 %), continuando con bipiridilos (20.1 %), éteres de difenil (20.1 %), ariloxifenoxi-propionatos (18 %), fenoxicarboxilatos (8.3 %) y finalmente triazinonas (0.69 %). Los ingredientes activos más usados fueron glifosato (47), oxifluorfen (29), paraquat (28) y fluazifp-p-butil (26). Generalmente, los productores utilizan principalmente herbicidas de poco peligro agudo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Grupos químicos utilizados por los productores encuestados en Jinotega y Matagalpa para el control de malezas.

| Grupo químico | Ingrediente activo | Aplic.* | f _i ** | Clase*** |
|---------------------------|------------------------------------|---------|-------------------|----------|
| Ariloxifenoxi-propionatos | Fluazifop-p-butil | 2 | 26 | U |
| Bipiridilos | Paraquat | 2 | 1 | III |
| Bipiridilos | Paraquat | 1 | 28 | II |
| Éteres de difenil | Oxifluorfen | 1 | 29 | U |
| Fenoxi-carboxilatos | 2,4-D (Ácido diclorofenoxiacético) | 1 | 12 | II |
| Glicinas | Glifosato | 1 | 47 | U |
| Triazinonas | Metribuzin | 1 | 1 | III |

*Promedio de aplicaciones

**Frecuencia absoluta

***Clasificación según OMS

Ia: Extremadamente peligroso

Ib: Altamente peligroso

II: Moderadamente peligroso

III: Ligeramente peligroso

U: Poco probable que presente peligro agudo

En el caso de los ingredientes activos mayormente usados en el manejo de malezas, la IARC (2023) establece que glifosato presenta posibilidades de carcinogenicidad en humanos y también oxifluorfen puede ser cancerígeno (EPA, 2022); sin embargo, fluazifop-p-butil no es probable

que sea cancerígeno (EPA, 2022) y en cuanto a 2,4-D se ha encontrado por la IARC (2023) que existe evidencia de carcinogenicidad (Anexo 4).

Es importante mencionar que los productores se han encaminado hacia el uso de plaguicidas menos tóxicos, en este caso el uso de herbicidas de banda verde; esto es alentador porque los trabajadores se encuentran menos expuestos a la intoxicación de ingredientes activos que generan más riesgo de intoxicaciones agudas o crónicas (Anexo 4) en comparación con el uso de insecticidas de banda amarilla que por su mayor riesgo pueden tener efectos acumulativos o por causar efectos tóxicos en el suelo, agua, alimentos y organismos no objetivos.

Además, ningún herbicida autorizado para el cultivo de repollo por la entidad correspondiente fue empleado por los encuestados para combatir malezas, puesto que Gilox® y Oxigol® son los únicos herbicidas permitidos (Anexo 8); por lo anterior se puede señalar que, de las aplicaciones realizadas por los productores, varios plaguicidas no se encuentran registrados.

5.2.4. Aplicaciones de productos y periodos de carencia

Las aplicaciones de plaguicidas en los cultivos es una práctica común entre los productores, pues se realizan con el fin de disminuir los problemas fitosanitarios y las altas poblaciones de plagas, por ello debemos tomar en cuenta el buen uso de los mismos. Existen una serie de problemáticas como resultado de no implementar buenas prácticas; ya sea al momento de irrespetar los criterios de aplicación como la realización de mezclas de varios productos y periodos de carencia.

Como resultado de estas aplicaciones se logró identificar la cantidad de productos usados y la frecuencia de aplicación (Cuadro 9); verificando así que en ambas zonas suelen usar hasta 23 productos con una frecuencia de aplicación de hasta 39 veces por ciclo de cultivo. No obstante, en la zona de Matagalpa se registró más aplicaciones y uso de varios productos, comparado con las aplicaciones de Jinotega.

Cuadro 9. Aplicaciones de plaguicidas durante el ciclo del cultivo de repollo.

| Departamento | Productos usados | | | Frecuencia de aplicaciones | | |
|--------------|------------------|--------|----------|----------------------------|--------|----------|
| | Mínimo | Máximo | Promedio | Mínimo | Máximo | Promedio |
| Jinotega | 7 | 15 | 9.5 | 10 | 24 | 15.75 |
| Matagalpa | 5 | 23 | 15.25 | 19 | 39 | 30.75 |

Se debe mencionar que algunos productores indicaron que a pesar de que cultivan repollo no consumen este producto porque están conscientes que en el ciclo del cultivo se le aplican demasiados plaguicidas; esto demuestra que las afirmaciones de los productores son congruentes con los hallazgos encontrados en esta investigación, ya que en el ciclo se realizan de 10 a 39 aplicaciones de plaguicidas en todo el ciclo del repollo (Cuadro 9).

En estas zonas se realizan mezclas de varios productos con el fin de evitar los altos costos al momento de realizar estas aplicaciones, registrándose 47 mezclas a lo largo del ciclo del cultivo; Matagalpa registró 32 y Jinotega 15, correspondientes a Insecticida-Insecticida, Bactericida-Insecticida, Fungicida-Insecticida, Insecticida-Fertilizante, Herbicida-Herbicida, Fungicida-Fungicida, Fertilizante-Fertilizante, Insecticida-Fungicida-Fertilizante, siendo este último el más usado por los productores; también realizaron mezclas de productos no compatibles.

En los periodos de carencia, el 81 % de los productos aplicados cumplieron con este parámetro, registrándose 47 aplicaciones de plaguicidas que cumplen el periodo de carencia (las barras de la derecha cumplen con el periodo de carencia) (Figura 11); y el 19 % de los productos aplicados incumplieron con este criterio de aplicación, pertenecientes a 11 aplicaciones de plaguicidas (las barras de izquierda no cumplen con el periodo de carencia) (Figura 11). Dentro del porcentaje de incumplimiento, de los ocho productores cinco de ellos no cumplieron con el periodo de carencia perteneciendo en su mayoría al departamento de Matagalpa (4), Jinotega (1), de un total de 58 aplicaciones por ciclo en ambas zonas; los cuales corresponden a 35 productos que cuentan con el periodo de carencia (Anexo 14). El porcentaje de incumplimiento puede deberse al uso de mezclas y productos que no contaban con los periodos de carencia.

Los productos que incumplieron con el periodo de carencia fueron ocho (Geminis®, Agry-Gent-Plus®, Coragen®, Biokim Oxiflu®, Gorilla®, Carbendazim®, Curagro®, Tryclan®) (Figura 11). Además, del total de plaguicidas usados, 32 son para uso en repollo y 25 para uso en otros cultivos (Anexo 14), según información obtenida de los panfletos y/o fichas técnicas. Por ende, las aplicaciones más frecuentes correspondieron a los ingredientes activos clorantraniliprol, indoxacarb y azoxistrobina+difeconazol (4), oxifluorfen (5), carbendazina (4 a 7) y profenofos+lufenuron (8) aplicaciones por ciclo de cultivo en ambas zonas.

A causa de estas prácticas inadecuadas, se debe hacer énfasis en el buen uso de estos productos pues uno de los problemas más importantes es el incumplimiento de estas indicaciones, ya que al no respetarse los periodos de carencia se generan afectaciones ecotoxicológicas, tanto en la salud del ser humano como en el ambiente. No obstante, el grado de residualidad que puede quedar en el cultivo suele ser alto al no respetar estos parámetros de aplicación (Guerrero, 2003; Porcel de Peralta et al., 2011).

Ciertos productores mencionaron que dejan de aplicar productos a los 80 días del cultivo, ya que, al venderlos a los comerciantes, éstos les continúan aplicando plaguicidas hasta el momento en que el repollo es cosechado. Esto puede ser una evidencia de que se está generando residualidad en las cabezas de repollo, debido a la disipación lenta en los productos.

Lo anterior coincide con el estudio de Guerrero (2003) y Porcel de Peralta et al. (2011) donde indican que las severas aplicaciones de plaguicidas con mezclas, generan residuos tóxicos en el cultivo, provocando riesgo a intoxicaciones, daños congénitos en la salud humana y afectaciones en el ambiente.

En cuanto al uso de estos plaguicidas (Anexo 14) en comparación con los datos brindados por la Comisión Nacional de Registro y Control de Sustancias Tóxicas (Anexo 8), algunos de los productos que utilizaron los productores no están autorizados para el cultivo de repollo en Nicaragua; siendo esto una problemática, ya que para evitar posibles intoxicaciones a los consumidores los plaguicidas deben estar autorizados para su uso en el cultivo por la autoridad competente.

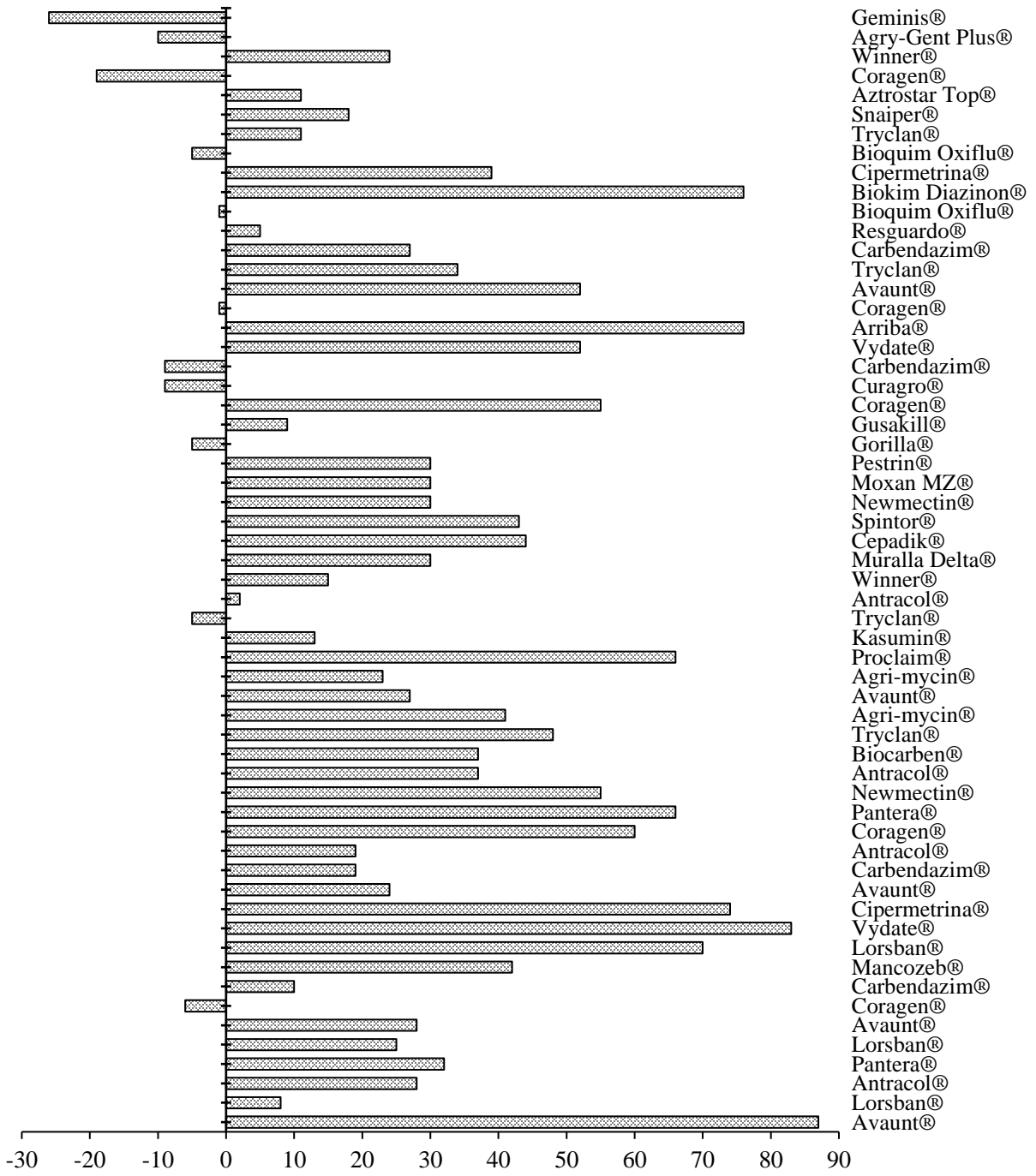


Figura 11. Periodos de carencia de plaguicidas usados en los libros de registro por productores de Jinotega y Matagalpa.

5.3. Prácticas y consecuencias asociadas al mal uso de agroquímicos e impacto ambiental de los pesticidas aplicados en el cultivo de repollo

5.3.1. Prácticas empleadas por productores al aplicar productos fitosanitarios

Las principales fuentes de información utilizadas para aplicar plaguicidas es el panfleto (34) y la experiencia (21) (Figura 12).

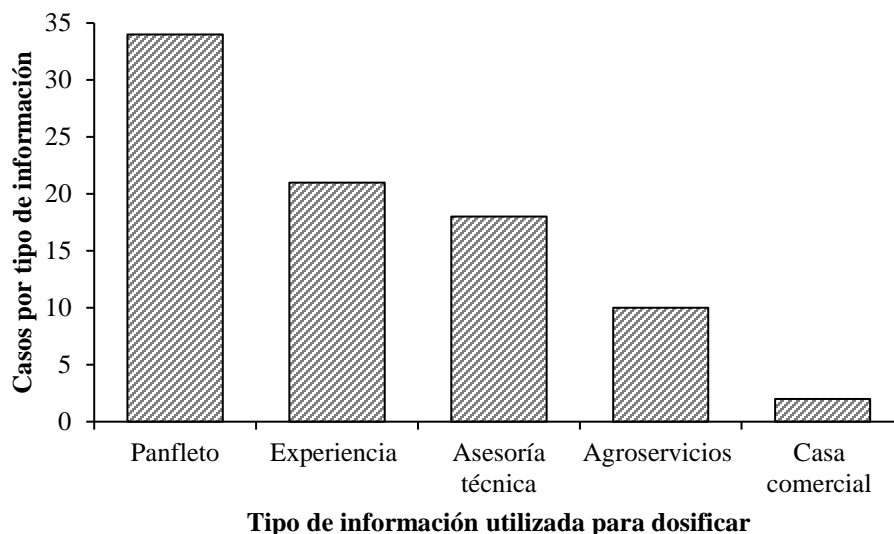


Figura 12. Fuente de información utilizada para dosificar productos fitosanitarios.

El panfleto y la experiencia son las principales fuentes de información utilizados, siendo consistente con lo reportado por Gutiérrez (2022) en el municipio de Estelí.

En cuanto a equipos de protección se puede asegurar que los productores implementan muy pocas medidas seguras, ya que usan botas de hule (41), gorra (19), mascarilla respiratoria (18), lentes de protección (12) y solo camisa impermeable (11) (Figura 13). El 100 % de los encuestados conocen la importancia de usar el EPP, sin embargo, algunos productores (25) afirman que no lo utilizan por completo porque resulta incómodo usarlo (Anexo 9); además mencionaron que utilizan mascarillas respiratorias y lentes de protección cuando realizan aplicaciones de plaguicidas con motobomba.

Aunque en Nicaragua en la Resolución ministerial de higiene y seguridad establece que es obligatorio usar completo el EPP al aplicar, usar y manipular plaguicidas (MITRAB, 2001), no se lleva a cabo el cumplimiento; pues aseguran que usar el EPP les causa incomodad, concordando con los resultados de Amoabeng et al. (2017) donde encontraron que la mayor parte de los productores son conscientes de la importancia de usar el EPP, sin embargo no lo utilizan por la incomodidad que genera.

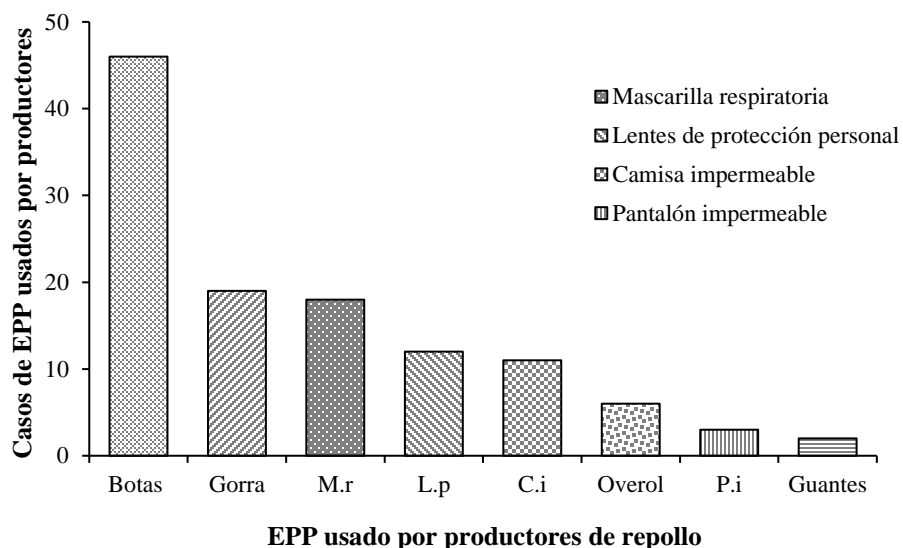


Figura 13. Frecuencia absoluta del EPP utilizado por los productores en las zonas de Jinotega y Matagalpa.

Es necesario que también se utilice el EPP al momento de manipular envases vacíos de plaguicidas tal como lo establece Ecuador (MAATE, 2013). En este aspecto, la educación como estrategia para reducir el riesgo al usar y manipular plaguicidas es fundamental, ya que los productores tendrían conocimientos sobre las consecuencias que puede generar no utilizar el EPP, para proteger la salud humana; aunque usar el EPP no asegura no intoxicarse, pero sí lo disminuye.

Se encontró que los encuestados ingresan a la parcela después de realizar aplicaciones en menos de 24 h y de 24 a 48 h ambas partes por igual corresponden al 65.2 %, siguiendo más de 72 h con 26.1 % y por último de 48 a 72 h con 8.7 %. En este caso, el reingreso a la parcela es inferior a lo establecido en el Resolución ministerial sobre higiene y seguridad, en ella indica un periodo

de 72 h (MITRAB, 2001); es decir los encuestados no cumplen este mandato y puede que este incumplimiento esté asociado a las intoxicaciones que aseguraron experimentar los productores.

Respecto a intoxicaciones, el 32.6 % aseguraron haber sufrido intoxicaciones debido a la exposición por plaguicidas al menos una vez en su vida. Es válido mencionar que varios productores manifestaron que sus hijos al nacer exhibieron diferentes problemas de salud, los cuales aducen que fueron originados por las intoxicaciones que sufrieron cuando se expusieron a los plaguicidas. Esta percepción de los productores en parte es correcta; sin embargo, la posibilidad de que existan alteraciones en los genes de los descendientes solo se cumple si las embarazadas sufrieron alguna exposición a plaguicidas en estado prenatal o si vivían en zonas cercanas a sistemas de producción; en especial si estaban expuestas a organofosforados, piretroides y carbamatos (Shelton et al., 2014).

De las intoxicaciones provocadas por el riesgo a plaguicidas se halló que los mareos es el síntoma más común que presentan los agricultores de repollo (Cuadro 10).

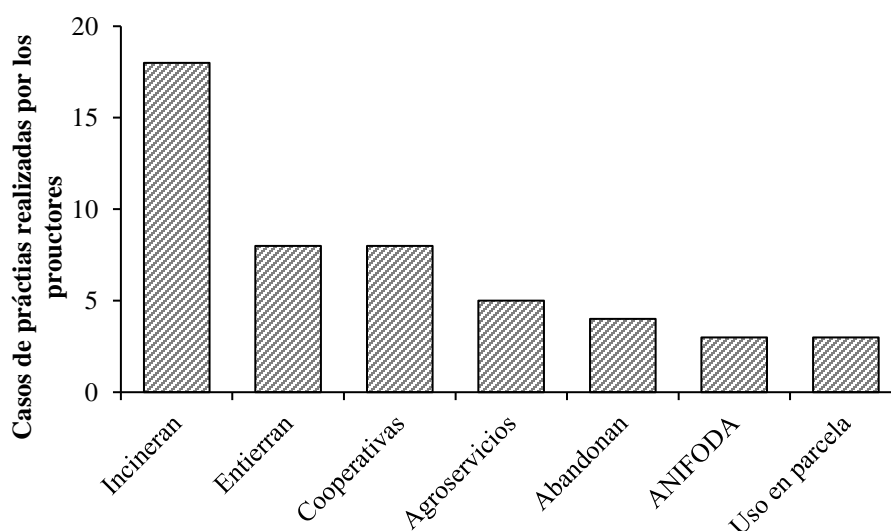
Cuadro 10. Síntomas de intoxicación declarados por los productores debido a la exposición a plaguicidas.

| Síntomas | Frecuencia absoluta |
|-------------------------|----------------------------|
| Mareo | 13 |
| Vómito | 9 |
| Dolor de cabeza | 4 |
| Irritación en la piel | 4 |
| Dolor de estómago | 3 |
| Debilidad | 3 |
| Irritación en los ojos | 2 |
| Dificultad respiratoria | 2 |
| Cansancio | 2 |
| Fiebre | 1 |
| Diarrea | 1 |
| Irritación en la nariz | 1 |
| Desmayo | 1 |

En este estudio al igual que el de Amoabeng et al. (2017), Diallo et al. (2021) y Ntow et al. (2006), se encontró que los mareos se encuentran entre los síntomas más frecuentes que experimentan los agricultores después de exponerse a plaguicidas.

En relación a la gestión de residuos sólidos, el 93.5 % de los productores cuentan con un lugar específico (bodega) para almacenar plaguicidas; las bodegas que se lograron visitar no contaban con las condiciones adecuadas para el debido almacenamiento de los plaguicidas establecidos en la Resolución ministerial sobre higiene y seguridad en el uso, manipulación y aplicación de plaguicidas, ya que la estructura de las bodegas no eran las adecuadas; y además se almacenaban alimentos para consumo humano y materiales que no estaban relacionados con los plaguicidas (Anexo 10).

El 6.5 % contaba con un lugar para almacenar desechos sólidos (envases plásticos) de plaguicidas, los desechos son incinerados (18), enterrados (8) entregados a cooperativas (8), a agroservicios (5), abandonados en la parcela (5) (Anexo 12), entregados a ANIFODA (4) o les brindan utilidad en la parcela (3) (Figura 14).



Prácticas realizadas por productores para desechar envases

Figura 14. Manejo de desechos sólidos de plaguicidas en las zonas de Jinotega y Matagalpa.

Pese a que las prácticas de quema, entierro y abandono de envases pueden generar impactos en el medio ambiente, no se prohíben en Nicaragua; sin embargo dichas prácticas son prohibidas en Ecuador, Guatemala, Honduras y Panamá (MAGA, 1990; MIDA, 2011; MAATE, 2013;

Presidencia Constitucional de la República, 1998). Los impactos en el ambiente producto de la quema de envases pueden ocasionar emisiones tóxicas, lo que contamina el aire y genera problemas respiratorios; el hecho de que los productores quemen a campo abierto puede deberse a la idea errónea de que el fuego es capaz de eliminar los elementos peligrosos. El entierro y abandono de envases tampoco debe ser una opción, ya que no se biodegradan y al ser enterrados pueden emerger a la superficie por ser de cuerpo liviano (Lwin, 2023; FAO y OMS, 2008).

El trabajo realizado por las cooperativas y agroservicios en el acopio de envases vacíos de plaguicidas no es suficiente, pues en la reglamentación nacional solo indica que deben recepcionar los envases; lo que no involucra actividades como informar sobre el mecanismo de devolución de envases y los sitios en los que se encuentran los centros de acopio o realizar campañas de recolección, actividades que son realizadas en Colombia (MMADS, 2013), este país podría ser un ejemplo en la nación para implementar prácticas similares, pero para ello deben involucrarse todos los actores que participan en la gestión de plaguicidas.

En este estudio la quema y entierro de desechos sólidos son las principales prácticas realizadas por los productores (Figura 14), estos resultados son similares con los de Rivera (2018) y Gutiérrez (2022) quienes coinciden que después de terminar de usar los plaguicidas, los envases se queman, entierran, reutilizan o los dejan en las parcelas. Cabe destacar, que los envases de plaguicidas vacíos que son entregados a Cooperativas (Cooperativa de Servicios Múltiples Padre Odorico D'Andrea R.L. (COOSEMPODA) y Cooperativa Agropecuaria de Servicios Tomatoya Chagüite Grande R.L.) son llevados al centro de acopio y reciclaje de envases vacíos de agroquímicos de Jinotega (Anexo 12) para luego brindarle destino final.

La práctica en la que los productores les brindan utilidad a los envases de plaguicidas en la parcela, consiste en realizar una práctica llamada taponear en la que cortan envases por la mitad y ubican los envases cortados encima de la planta (cuando se encuentra en etapa de plántula) para evitar aplicar herbicidas directamente a las plántulas.

El 93.5 % de los encuestados afirmaron realizar rotación de plaguicidas porque las plagas pueden adquirir resistencia. El 91.3 % de los encuestados realizan triple lavado. El equipo de

aplicación y protección se lava en el lugar de trabajo (33), en la casa (4), en el río (3), quebrada (3), en el ojo de agua (2) y en pozo (1).

Se encontró que la mezcla de productos fitosanitarios es una práctica común realizada por los productores de repollo en las zonas de Jinotega y Matagalpa. Las mezclas más utilizadas son Fungicida-Fungicida (25), Fungicida-Insecticida (24), Herbicida-Herbicida (22) e Insecticida-Fertilizante (21) y las mezclas menos realizadas abarcan un rango de Frecuencia absoluta de 5 a 18 (Figura 15).

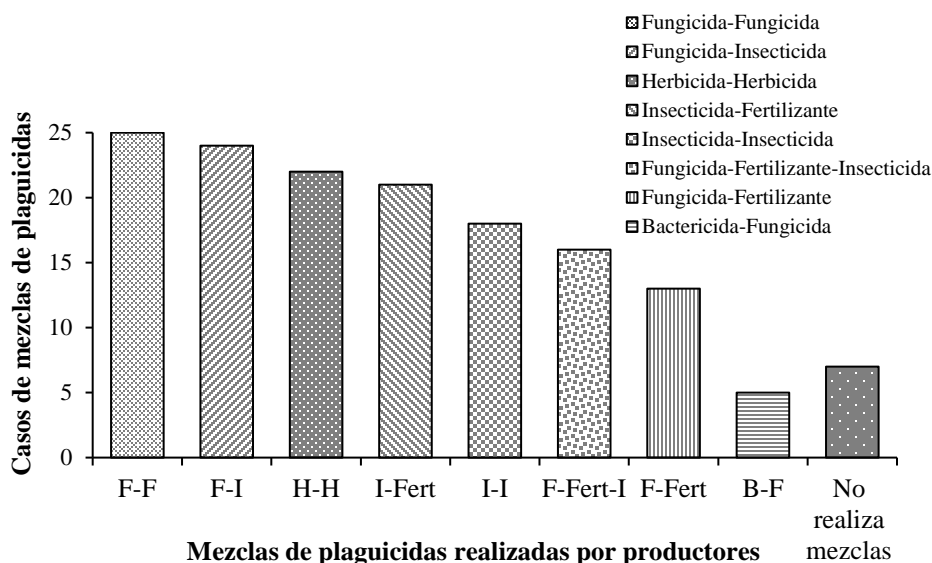


Figura 15. Mezclas de productos fitosanitarios usados en el cultivo de repollo.

Normalmente, los productores efectúan mezclas de plaguicidas, muchas veces no se tiene conocimiento sobre la compatibilidad que poseen los plaguicidas con otros productos para la protección fitosanitaria y el efecto que puede causar al mezclar plaguicidas no compatibles y tampoco se conoce el método para mezclarlos (Presidencia Constitucional de la República, 1998). Además, al momento de realizar mezclas, en especial mezclas con formulaciones polvos o líquidas, los agricultores se arriesgan a posibles intoxicaciones por exposición por la piel o por inhalación (FAO & WHO, 2020a).

5.3.2. Impacto ambiental de plaguicidas usados en el cultivo de repollo en las zonas de Jinotega y Matagalpa

Los resultados de la TIAT se basaron en comparaciones para indicar el menor o mayor impacto ambiental. Se encontró que en la zona de Matagalpa se generó mayor impacto ambiental con valor de 1,335.03 respecto a la TIAT (Cuadro 11), en cambio en la zona de Jinotega el impacto fue menor con valor de 1,101.29 (Cuadro 12); el resultado de la TIAT se determinó por las comparaciones. En ambas zonas el Total de la TIAT por aplicaciones de fungicidas provocó mayor impacto ambiental, seguido de insecticidas y finalmente herbicidas.

En las TIAT de los plaguicidas usados por productor, se encontró que en la zona de Matagalpa el productor MMLFuUH1 generó mayor impacto ambiental con CIA de 664.58 (Cuadro 11) y en la zona de Jinotega el productor JSRECaCP2 generó mayor impacto ambiental con valor de 363.28 (Cuadro 12).

Cuadro 11. Datos de la TIAT de productores de Matagalpa por efecto biocida.

| Efecto biocida del plaguicida | Código de identificación de los productores | | | | Total, de la TIAT por efecto biocida |
|--------------------------------------|--|---------------|---------------|---------------|---|
| | MMLFuFM3 | MMLFuSM2 | MMLFuUH1 | MMLFuVM4 | |
| Insecticidas | 47.37 | 128.78 | 223.99 | 152.64 | 552.78 |
| Fungicidas | 134.92 | 125.78 | 411.92 | 63.98 | 736.60 |
| Herbicidas | 7.04 | 0 | 28.67 | 9.94 | 45.65 |
| Total, de TIAT por productor | 189.33 | 254.56 | 664.58 | 226.56 | 1,335.03 |

En la zona de Matagalpa los productores utilizaron 40 ingredientes activos, los ingredientes más utilizados fueron forato (4), benzoato de emamectina (3), clorantraniliprol (3) y oxalato de hidrógeno de tiociclam (3). El valor del CIA para benzoato de emamectina (26.28), clorantraniliprol (18.34) y oxalato de hidrógeno de tiociclam (33.77) son valores bajos en relación a otros ingredientes activos, lo que indica un aparente riesgo menor para el ambiente y la salud humana; a excepción de forato (48.83) que posee un alto valor de CIA.

El aumento de la TIAT para el productor MMLFuUH1 se debió al aumento de la Tasa de uso de campo de CIA en hidróxido de cobre+folpet (213.48), forato (173.75) y caldo bordelés (120.68), para el productor MMLFuSM2 el aumento fue por carbendazina (125.78) y profenofos+lufenuron (100.08) y para el productor MMLFuVM4 el aumento fue por forato (69.50).

Cuadro 12. Datos de la TIAT de productores de Jinotega por efecto biocida.

| Efecto biocida del plaguicida | Código de identificación de los productores | | | | Total, de la TIAT por efecto biocida |
|-------------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|--------------------------------------|
| | JSREMoHM1 | JSREMoLG7 | JSRECaCP2 | JSREMoRZ3 | |
| Insecticidas | 11.55 | 11.13 | 183.45 | 28.64 | 234.77 |
| Fungicidas | 35.86 | 317.46 | 157.26 | 272.98 | 783.56 |
| Herbicidas | 11.55 | 15.71 | 22.57 | 33.13 | 82.96 |
| Total, de TIAT por productor | 58.96 | 344.30 | 363.28 | 334.75 | 1,101.29 |

En la zona de Jinotega los productores utilizaron 20 ingredientes activos, los ingredientes activos más utilizados fueron *B. thuringiensis* subesp. *aizawai* cepa ABTS-1858 (4), indoxacarb, (4) propineb (3), clorpirifos (3), carbendazina (3) y glifosato (3). De acuerdo con el valor del CIA, el uso de *B. thuringiensis* no significa un riesgo mayor en los componentes del trabajador, consumidor y ambiente, ya que el valor del CIA corresponde a 13.33; siendo el valor más bajo hallado en la base de datos del CIA de la Universidad de Cornell, también los valores de indoxacarb (31.19), propineb (16.90), clorpirifos (26.85), y glifosato (15.33) presentan un menor valor de impacto en el ambiente, en cambio carbendazina (50.50) posee un valor elevado.

El aumento de la TIAT para el productor JSRECaCP2 se debió al aumento de la Tasa de uso de campo de CIA en forato (173.75) y carbendazina (107.81), para el productor JSREMoLG7 el aumento fue por carbendazina (251.57) y mancozeb (65.89) y para el productor JSREMoRZ3 el aumento fue por carbendazina (202.00) y propineb (70.98). Gran parte del daño en el ambiente se debió a que los productores JSRECaCP2, JSREMoLG7 y JSREMoRZ3 utilizaron fungicidas con mucha frecuencia en especial carbendazina, además del impacto que provoca carbendazina

en el ambiente por la TIAT, también supone impacto en la salud por su probable carcinogenicidad (EPA, 2019) y genotoxicidad (EFSA, 2022).

El aumento en la TIAT en la zona de Matagalpa en comparación con la de Jinotega puede deberse a que los productores aumentaban las dosis de los fungicidas, además el hecho de que utilizaron nueve ingredientes activos con valores de CIA superiores a 35.33 (Cuadro 13). La amplia variedad de ingredientes activos, el aumento de dosis y, sumado a ello, el uso de ingredientes activos con valores altos de CIA, aumentaron la TIAT en Matagalpa. En cambio, en la zona de Jinotega, los productores empleaban menos ingredientes activos y no utilizaban ingredientes activos con valores altos de CIA.

Cuadro 13. Ingredientes activos utilizados en Matagalpa con altos valores de CIA.

| Ingrediente activo | Valor del CIA |
|---------------------------------|----------------------|
| Sulfato de cobre pentahidratado | 69.83 |
| Profenofos | 59.53 |
| Forato | 48.83 |
| Estreptomicina | 45.00 |
| Diazinon | 44.03 |
| Clorfenapir | 37.50 |
| Clorotalonil | 37.42 |
| Imidacloprid | 36.71 |
| Cipermetrina | 36.35 |
| Caldo bordelés | 35.33 |

Aunque en Matagalpa se utilizan más plaguicidas que en Jinotega, el análisis estadístico realizado a través de la Prueba de T-Student indica que no hay suficiente evidencia para concluir que el impacto ambiental generado por los plaguicidas es diferente en ambas zonas y por grupo de plaguicidas (Cuadro 14).

Cuadro 14. Prueba T-Student del total de la TIAT.

| T-Student aplicado por | Variable | Grupo 1 | Grupo 2 | n (1) | n (2) | Media (1) | Media (2) | pHom Var | p-valor |
|---------------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------|
| TIAT por zona | Total del CIA | Jin | Mat | 4 | 4 | 275.32 | 333.76 | 0.4998 | 0.6748 |
| TIAT por insecticidas | Total del CIA | Jin | Mat | 4 | 4 | 58.69 | 138.20 | 0.8263 | 0.2014 |
| TIAT por fungicidas | Total del CIA | Jin | Mat | 4 | 4 | 195.89 | 184.15 | 0.7436 | 0.9104 |
| TIAT por herbicidas | Total del CIA | Jin | Mat | 4 | 4 | 20.74 | 11.41 | 0.6786 | 0.2727 |

VI. CONCLUSIONES

El manejo fitosanitario implementado por productores de repollo en Jinotega y Matagalpa es convencional. Para el manejo de insectos, moluscos y enfermedades realizan control cultural con rotación de cultivos y eliminación de rastrojos; y también en el manejo de malezas, se emplean prácticas culturales por la utilización del azadón, machete y manual. *P. xylostella* es la plaga más importante en el cultivo de repollo y existen otras plagas no reportadas en la lista nacional del IPSA que provocan daños considerables al cultivo.

Los principales grupos químicos que se utilizan para el manejo de insectos plagas son organofosforados, *B. thuringiensis*, piretroides, oxadiazinas y avermectinas; para el manejo de enfermedades, son ditiocarbamatos y afines, inorgánicos, benzimidazoles, triazoles y cloronitrilos; y para el manejo de malezas son glicinas, bipiridilos, éteres de difenil y ariloxifenoxi-propionatos.

A pesar de que la mayoría de los productos aplicados cumplieron con el periodo de carencia, una cantidad significativa de productores no cumplieron con este criterio de aplicación al momento de realizar el manejo y/o control de plagas y concluimos que la producción de repollo se ve afectada con residuos químicos, teniendo un efecto directo en la salud del consumidor y el ambiente.

El impacto ambiental asociado al uso de plaguicidas en el cultivo de repollo es similar en ambas zonas de estudio.

VII. RECOMENDACIONES

Fomentar campañas de sensibilización a los productores para el manejo adecuado de plaguicidas, y, con ello, contribuir a reducir los riesgos ambientales y de salud pública que esto ocasiona.

Llevar a cabo investigaciones con el propósito de determinar la presencia o ausencia de residuos de plaguicidas en el repollo y desarrollo de resistencia por parte de las plagas que lo atacan.

VIII. LITERATURA CITADA

- Agriculture & Environment Research Unit. (2022). *Pesticide Properties Database*. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/>
- Allender, C., Allainguillaume, J., Lynn, J., & King, G. (2007). Simple sequence repeats reveal uneven distribution of genetic diversity in chloroplast genomes of *Brassica oleracea* L. and (n = 9) wild relatives. *Theoretical and Applied Genetics*, 114(4), 609–618. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0461-5>
- Allister, C., Araya, M., Becerra, K., Saavedra, J., y Kogan, M. (2017). *Efecto del tamaño del fruto y la formulación del plaguicida en la estimación del período de carencia*. Redagráfica.
- Amoabeng, B., Asare, K., Asare, O., Mochiah, M., Adama, I., Fening, K., & Gurr, G. (2017). Pesticides use and misuse in cabbage *Brassica oleracea* var. *capitata* L. (Cruciferae) production in Ghana: The influence of farmer education and training. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.9734/jaeri/2017/30128>
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (1998). *Ley básica para la regulación y control de plaguicidas, sustancias tóxicas, peligrosas y otras similares* (pp. 1274–1285). La Gaceta. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/gacetan/1998/2/g30.pdf>
- Brookes, G. (2022). Genetically Modified (GM) crop use 1996-2020: Environmental impacts associated with pesticide use change. *GM Crops and Food*, 13(1), 262–289. <https://doi.org/10.1080/21645698.2022.2118497>
- Capinera, J. (2001). *Handbook of vegetable pests* (1ra ed.). Academic press.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (1990). *Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de repollo* (pp. 1–80). CATIE.
- Comisión Nacional de Registro y Control de Sustancias Tóxicas. (2014). *Resolución 01-2014*. La Gaceta. <https://cncrst.gob.ni/documentos/legales/Carta sobre Resolucion 01-2014.pdf>
- Comisión Nacional de Registro y Control de Sustancias Tóxicas. (2020). *Resolución 002-2020* (pp. 8531–8532). La Gaceta. <https://cncrst.gob.ni/documentos/legales/Gaceta No. 186 2020 Resolucion 002-2020 Prohibicion Clopirifos.pdf>
- Comisión Nacional de Registro y Control de Sustancias Tóxicas. (2023). *Listado de plaguicidas autorizados en Nicaragua para el cultivo de repollo (Brassica oleracea var capitata)*.
- CropLife Latin America. (2023). *CampoLimpio, una solución ambiental para el Agro*. <https://www.croplifela.org/es/>
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. (2023). *InfoStat* (2020). Grupo InfoStat. <http://www.infostat.com.ar>
- Diallo, M., Gueye, M., Mbaye, M., Dieng, B., & Noba, K. (2021). Pesticides used on the cultivation of *Brassica oleracea* var *capitata* L. (cabbage) in the Niayes area (Senegal): Impact on the environment and the health of producers. *GSC Biological and*

- Díaz, J., Guharay, F., Miranda, F., Molina, J., Zamora, M., y Zeledón, R. (1999). *Manejo integrado de plagas en el cultivo de repollo* (pp. 1–102).
- Dushoff, J., Caldwell, B., & Mohler, C. (1994). Evaluating the environmental effect of pesticides: A critique of the Environmental Impact Quotient. *American Entomologist*, 40(3), 180–184. <https://doi.org/10.1093/ae/40.3.180>
- Eshenaur, B., Grant, J., Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., y Tette, J. (2020). *Cociente de impacto ambiental “Un método para medir el impacto ambiental de los pesticidas”* <https://cals.cornell.edu/new-york-state-integrated-pest-management/risk-assessment/eiq>
- European Food Safety Authority. (2022). *Chemical Hazards Database (OpenFoodTox)*. <https://www.efsa.europa.eu/en/data-report/chemical-hazards-database-openfoodtox>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2008). *Guidance on the use of Environmental Impact Quotient in Integrated Pest Management impact assessment* (pp. 1–21). <https://www.fao.org/3/ca8263en/ca8263en.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Health Organization. (2008). *Second FAO/Who Joint Meeting on Pesticide Management and Fourth Session of The FAO Panel of Experts on Pesticide Management*. https://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Code/Report.pdf
- Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Health Organization (2014). *The international code of conduct on pesticide management* (pp. 1–56). <https://www.fao.org/3/I3604E/i3604e.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Health Organization. (2017). *Diagnostic tool for assessing status of National Codex Programmes* (Vol. 2). <https://doi.org/10.1136/bmj.2.5810.413-b>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Health Organization. (2020a). *Guidelines for personal protection when handling and applying pesticides* (pp. 1–75). <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330917/9789240000223-eng.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Health Organization. (2020b). *International code of conduct on pesticide management: Guidance on pesticide legislation* (pp. 1–72). <https://www.fao.org/3/cb0916en/cb0916en.pdf>
- Fornaris, G. (2014). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Repollo: Características de la planta* (158, pp. 1–4). Universidad de Puerto Rico.
- Gaona, L., Bedmar, F., Gianelli, V., Faberi, A., & Angelini, H. (2019). Estimating the risk of groundwater contamination and environmental impact of pesticides in an agricultural basin in Argentina. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(11), 6657–6670. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02267-w>
- Guerrero, J. (2003). Estudio de residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas en áreas específicas

- de Colombia. *Redalyc*, 21(3), 198–209.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180317974009>
- Gutiérrez, O. (2022). *Descripción del manejo convencional de plagas insectiles y parasitoidismo natural larvario sobre Plutella xylostella L. (Lepidoptera:Plutellidae) en el cultivo de repollo (Brassica oleracea L. var. capitata)* [Universidad Nacional Agraria].
<https://repositorio.una.edu.ni/4604/1/tnh10g984.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGraw Hill.
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2020). *Resolución 075487* (p. 28). Instituto Colombiano Agropecuario.
<https://www.ica.gov.co/getattachment/fc3c9cca-2e8b-4b87-95a7-cb9e8346025d/2020R75487.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2022). *Instructivo para la determinación de los Períodos de Carencia de plaguicidas químicos de uso agrícola en Colombia*.
<https://www.ica.gov.co/noticias/ica-interpretacion-resolucion-plaguicidas%0A>
- Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria. (2019). *Lista de plagas reportadas en Nicaragua* (p. 59).
https://www.ippc.int/static/media/files/eventreporting/2019/02/27/LISTA_DE_PLAGAS_PRESENTES_EN_NICARAGUA_VERSION_V_FEBRERO_2019.pdf
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2001). *III Censo Nacional Agropecuario*.
https://www.inide.gob.ni/docu/cenagro/perfiles/10_jinotega.pdf
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2011). *IV Censo Nacional Agropecuario*.
<https://www.inide.gob.ni/Home/dataBasesCENAGRO>
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2021). *Anuario estadístico 2021* (pp. 1–16).
https://www.inide.gob.ni/docs/Anuarios/Anuario2021/Anuario_Estadistico2021.pdf
- Instituto Nacional Tecnológico. (2018). *Cultivos de hortalizas*.
https://www.tecnacional.edu.ni/media/Hortalizas_3X2OH2y.pdf
- Intraspın.com. (2022). *Global resistance management* (Versión 0.1.6) [Aplicación móvil]. Google Play Store. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rac.moa>
- International Agency for Research on Cancer. (2023). *Agents classified by the IARC Monographs*. <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>
- KoboToolBox. (2022). *KoboCollect* (Versión v2022.3.6) [Aplicación móvil]. Google Play Store.
https://play.google.com/store/apps/details?id=org.koboc.collect.android&hl=en_US
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., & Tette, J. (1992). A method to measure the environmental impact of pesticides. En *New York's Food and Life Sciences Bulletin* (pp. 1–8).
- Lwin, H. T. (2023). Comparative analysis of open burning and triple rinsing method for empty pesticide container management. *Open Access Library Journal*, 10, 1–10.
<https://doi.org/10.4236/oalib.1110380>
- Mabry, M., Turner-Hissong, S., Gallagher, E., McAlvay, A., An, H., Edger, P., Moore, J., Pink,

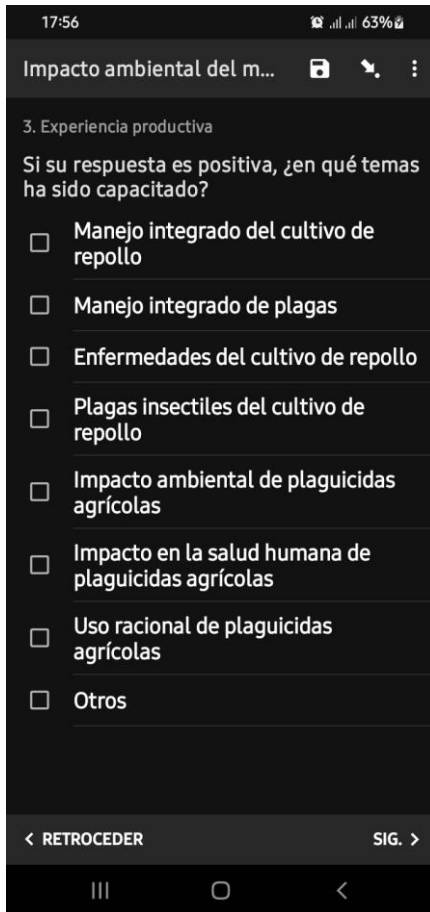
- D., Teakle, G., Stevens, C., Barker, G., Labate, J., Fuller, D., Allaby, R., Beissinger, T., Decker, J., Gore, M., & Pires, J. C. (2021). The evolutionary history of wild, domesticated, and feral *Brassica oleracea* (Brassicaceae). *Molecular Biology and Evolution*, 38(10), 4419–4434. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab183>
- Maggioni, L., von Bothmer, R., Poulsen, G., & Lipman, E. (2017). Domestication, diversity and use of *Brassica oleracea* L., based on ancient Greek and Latin texts. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65(1), 137–159. <https://doi.org/10.1007/s10722-017-0516-2>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (1990). *Reglamento sobre registro, comercialización, uso y control de plaguicidas agrícolas y sustancias afines* (pp. 1–22). Diario de Centro América. <https://www.unhcr.org/publications/manuals/4d9352319/unhcr-protection-training-manual-european-border-entry-officials-2-legal.html?query=excom> 1989
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). *Establecimiento de un programa de educación agrícola a nivel nacional sobre el manejo seguro, eficaz y racional de las sustancias químicas, biológicas o afines de uso en la agricultura*. La Gaceta. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=90182&nValor3=118678&strTipM=TC
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). *Elementos que deben contener los planes de gestión de devolución de productos posconsumo de plaguicidas* (pp. 2–14). <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/resolucion-1675-de-2013.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2011). *Requisitos y principios mínimos para la aplicación de plaguicidas por vía terrestre* (pp. 1–47). Gaceta Oficial. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/pan108001.pdf>
- Ministerio de Gobernación. (2023). *Acuerdo Ministerial N° 27-2023-OSFL* (pp. 2078–2080). La Gaceta. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/gacetitas/2023/3/g41.pdf>
- Ministerio de Salud. (2016). *Resolución Ministerial N° 165-2016* (pp. 1–5). La Gaceta. https://cnrcst.gob.ni/documentos/legales/Resolucion_Ministerial_MINSA_sobre_la_prohibicion_de_plaguicidas_banda_rojas.pdf
- Ministerio de Trabajo y Previsión Social. (2016). *Reglamento de salud y seguridad ocupacional* (pp. 1–87). Diario de Centro América. <https://tuempleo.mintrabajo.gob.gt/index.php/welcome/doc/REGLAMENTO>
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana: Plaguicidas y productos afines de uso agrícola. Manejo y disposición final de envases vacíos tratados con triple lavado* (pp. 1–19). Registro Oficial. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/NTE-INEN-2078-1R-Disposicion-de-envases-triple-lavado.pdf>
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (2008). *Resolución Ministerial N° 002-2008* (p. 2670). La Gaceta. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/nic86099.pdf>
- Ministerio del Trabajo. (2001). *Resolución ministerial sobre higiene y seguridad aplicable en*

- el uso, manipulación y aplicación de los plaguicidas y otras sustancias agroquímicas en los centros de trabajo* (pp. 5077–5085). La Gaceta. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/gacetas/2001/9/g175.pdf>
- Ministerio del Trabajo. (2004). *Ley de comercialización y empleo de plaguicidas* (pp. 1–7). Registro Oficial. <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEY-DE-COMERCIALIZACION-Y-EMPLEO-DE-PLAGUICIDAS.pdf?x42051>
- Möhring, N., Ingold, K., Kudsk, P., Martin-Laurent, F., Niggli, U., Siegrist, M., Studer, B., Walter, A., & Finger, R. (2020). Pathways for advancing pesticide policies. *Nature Food*, 1(9), 535–540. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00141-4>
- Muniappan, R., & Heinrichs, E. (2016). *Integrated pest management of tropical vegetable crops* (1ra ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-024-0924-6>
- Mwungu, C., Muriithi, B., Ngeno, V., Affognon, H., Githiomi, C., Diiro, G., & Ekese, S. (2020). Health and environmental effects of adopting an integrated fruit fly management strategy among mango farmers in Kenya. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 15(1), 14–26. <https://afjare.org/wp-content/uploads/2023/03/2.-Mwungu-et-al.pdf>
- Natwick, E., Joseph, S., Dara, S., Koike, S., Subbarao, K., Westerdahl, B., Ploeg, A., Daugovish, O., Smith, R., Fennimore, S., Baldwin, R., Turini, T., & Parreira, S. (2020). Pest management Guidelines: Cole crops. En *University of California* (3442, pp. 1–116). University of California.
- Ntow, W., Gijzen, H., Kelderman, P., & Drechsel, P. (2006). Farmer perceptions and pesticide use practices in vegetable production in Ghana. *Pest Management Science*, 62, 356–365. <https://doi.org/10.1002/ps.1178>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Organización Mundial de la Salud. (2008). *Código internacional de conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas: Directrices sobre opciones de manejo de envases vacíos de plaguicidas* (p. 46). <https://www.fao.org/3/bt563s/bt563s.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2019). *Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan* (p. 99).
- Pezzarossi, H., Chacón, E., Marroquín, J., Maldonado, F., Aguilera, J., Gross, J., Morera, I., Anderson, J., Matamoros, F., Raudales, F., Bueno, M., Arosemena de Vergara, A., Checa, B., Herrera, F., Castillo, C., y Tavarez, J. (2023). *Propuesta de Reglamento Técnico Centroamericano Límites Máximos de Residuos de plaguicidas en productos agrícolas para el consumo humano y animal* (pp. 1–32).
- Porcel de Peralta, M., Scagnetti, J., Grigolato, R., Sylvestre, J., Kleinsorge, E., y Simoniello, M. (2011). Evaluación del daño oxidativo al ADN y efecto de la susceptibilidad genética en una población laboral y ambientalmente expuesta a mezclas de plaguicidas. *Fabicib*, 15, 119–129. <https://doi.org/10.14409/fabicib.v15i1.886>
- Presidencia Constitucional de la República. (1998). *Reglamento sobre el registro, uso y control de plaguicidas y sustancias afines*. La Gaceta. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/hon15986.pdf>

- Presidencia de la República de Nicaragua. (1998). *Reglamento de la Ley N° 274, Ley básica para la regulación y control de sustancias tóxicas, peligrosas y otras similares* (pp. 6198–6212). La Gaceta. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/gacetitas/1998/7/g142.pdf>
- Quiceno, J., Mora, G., Barrera, E., Estrada, E., Gómez, D., Cardona, L., Passaro, C., y Jimenez, C. (2018). Pesticidad, residualidad y períodos de carencia: Aplicaciones en el Cultivo del aguacate. En *Servicio Nacional de Aprendizaje SENA*. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- Rivera, F. (2018). *Prácticas agrícolas realizadas en la cadena de producción y comercialización del cultivo de repollo (Brassica oleracea L.) su efecto en la calidad e inocuidad del producto final, Temua, Masaya y Tomatoya, Jinotega, Nicaragua 2016* [Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/3888/1/tnf01r621p.pdf>
- Rizo, D., Palma, N., y Gutiérrez, G. (2019). Producción de repollo con buenas prácticas agrícolas. En *Rikolto* (Vol. 3, pp. 1–40). Proyecto gestión del conocimiento para la producción sostenible de hortalizas en Nicaragua, Honduras y Guatemala.
- Shelton, J., Geraghty, E., Tancredi, D., Delwiche, L., Schmidt, R., Ritz, B., Hansen, R., & Hertz-Picciotto, I. (2014). Neurodevelopmental disorders and prenatal residential proximity to agricultural pesticides: the CHARGE study. *Environmental Health Perspectives*, 122(10), 1103–1109. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1307044>
- Strang, J., Jones, T., Bessin, R., Rowell, B., & Dunwell, W. (1997). *Integrated crop management for Kentucky cabbage* (pp. 1–32). Kentucky Integrated Pest Management. <https://ipm.ca.uky.edu/files/ipm11cab.pdf>
- Tinoco, N. (2023). *Determinación del periodo de carencia para el registro de plaguicidas químicos de uso agrícola*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Trabanino, R. (1998). Guía para el manejo integrado de plagas en invertebradas Honduras. En *Zamorano* (pp. 1–156). Zamorano Academic Press.
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. (2022). *Powerful and intuitive data collection tools to make an impact*. <https://www.kobotoolbox.org/>
- United States Environmental Protection Agency. (2022). *Chemicals Evaluated for Carcinogenic Potential by the Office of Pesticide Programs* (p. 17). http://npic.orst.edu/chemicals_evaluated.pdf
- Vargas-González, G., Alvarez-Reyna, V. de P., Guigón-López, C., Cano-Ríos, P., y García-Carrillo, M. (2019). Impacto ambiental por uso de plaguicidas en tres áreas de producción de melón en la Comarca Lagunera, México. *CienciaUAT*, 13(2), 113–127. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i2.1141>
- Walker, C., Sibly, R., Hopkin, S., & Peakall, D. (2012). *Principles of Ecotoxicology* (4ta). CRC Press.
- Weinberger, K., & Srinivasan, R. (2009). Farmers' management of cabbage and cauliflower pests in India and their approaches to crop protection. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 12, 253–259. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2009.08.003>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Fragmento de la encuesta de impacto ambiental del manejo fitosanitario del cultivo de repollo.



17:56 63%

Impacto ambiental del m...

3. Experiencia productiva

Si su respuesta es positiva, ¿en qué temas ha sido capacitado?

- Manejo integrado del cultivo de repollo
- Manejo integrado de plagas
- Enfermedades del cultivo de repollo
- Plagas insectiles del cultivo de repollo
- Impacto ambiental de plaguicidas agrícolas
- Impacto en la salud humana de plaguicidas agrícolas
- Uso racional de plaguicidas agrícolas
- Otros

< RETROCEDER SIG. >

Universidad Nacional Agraria



Facultad de Agronomía

Anexo 2. Libro de registro de actividades fitosanitarias en el cultivo de repollo.

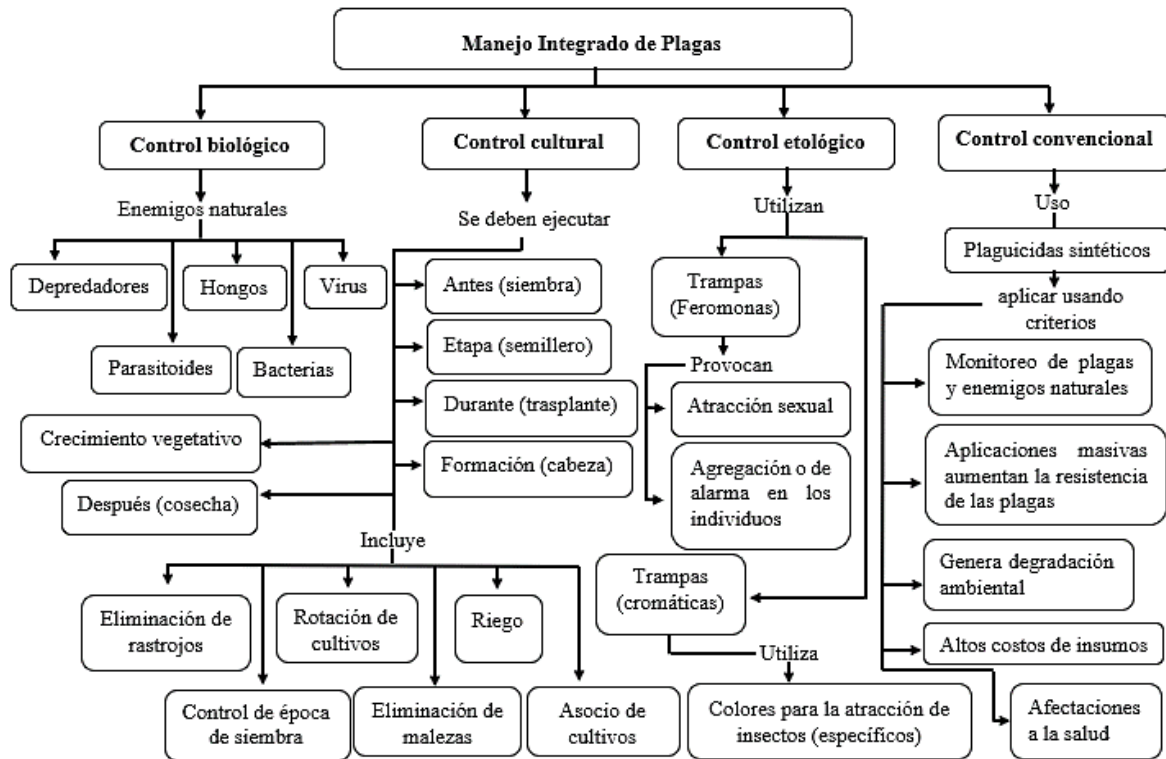
Datos generales

Departamento: _____; Municipio: _____; Comunidad: _____;
Fecha de establecimiento: _____; Nombre de la finca: _____;
Coordenadas: X_____ Y_____; Nombre del productor: _____;
Cédula: _____-_____ -_____

| Fechas ¹ | Etapas del cultivo ² | Producto aplicado ³ | Formulación ⁴ | Dosis ⁵ | Justificación ⁶ | Observación ⁷ |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

¹Fecha en que se realiza la aplicación; ²Código de la etapa del cultivo según Andaloro et al., 1983; ³Producto aplicado (incluir nombre comercial y genérico); ⁴Formulación del producto (SC, GW, etc.); ⁵ A como la recomienda el fabricante y si se aplica diferente indicar; ⁶Razón por la que se aplica el producto (NDE, hongo, bacteria, etc.); ⁷Pueden ser nivel de infestación, condiciones climáticas, etc.

Para más información: Consultar a Víctor Hugo Rodríguez Salguera, Asesor de tesis y Docente del Departamento de Protección Agrícola y Forestal, al correo victor.rsalguera@ci.una.edu.ni y/o teléfono 88542973.



Anexo 3. Esquema sobre Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de repollo.

Fuente: Elaboración propia con información de Capinera, 2001; CATIE, 1990 (Control biológico); Capinera, 2001; CATIE, 1990; Díaz et al., 1999 (Control cultural); Wood-Gus, 1983 (Control etológico); CATIE, 1990; Muniappan & Heinrichs, 2016 (Control convencional)

Anexo 4. Sustancias químicas evaluadas y clasificadas por sus respectivas agencias debido a su potencial cancerígeno.

| Efecto biocida | Ingrediente activo | Clasificación EPA | Clasificación IARC |
|-----------------------|---------------------------|--|--|
| Insecticidas | Benzoato de emamectina | No es probable que sea cancerígeno para humanos | ND |
| | Cipermetrina | Grupo C: Posible carcinógeno humano | ND |
| | Indoxacarb | No es probable que sea cancerígeno para los humanos | ND |
| | Profenofos | Grupo E: Evidencia de no carcinogenicidad para humanos | ND |
| | Oxamil | Grupo E: Evidencia de no carcinogenicidad para humanos | ND |
| Fungicidas | Carbendazina | Grupo C: Posible carcinógeno humano | ND |
| | Clorotalonil | Es probable que sea carcinógeno para humanos | 2B: Posiblemente carcinógeno para los seres humanos |
| | Mancozeb | Grupo B: Probable carcinógeno humano | ND |
| | Oxitetraciclina | Grupo D: No clasificable en cuanto a carcinogenicidad humana | ND |
| | Propineb | Es probable que sea cancerígeno para humanos | ND |
| Herbicidas | 2,4 D | ND | 2A: Probablemente carcinógeno para los seres humanos |
| | Fluazifp-p-butil | No es probable que sea cancerígeno para humanos | ND |
| | Glifosato | ND | 2B: Posiblemente carcinógeno para los seres humanos |
| | Oxifluorfen | Es probable que sea cancerígeno para humanos | ND |

ND: No dato

Fuente: IARC, 2023; EPA, 2022

Anexo 5. Asocio de cultivo de repollo con cultivo de zanahoria.



Anexo 6. Insectos y molusco plaga identificados en el cultivo de repollo.



Adultos de *P. xylostella*



Larva de *Spodoptera* spp.



Limax spp.



Larva de *Phyllophaga* spp.

Anexo 7. Enfermedades identificadas en el cultivo de repollo.



Xanthomonas spp.



Sclerotinia spp.

Anexo 8. Listado de plaguicidas autorizados en Nicaragua para el cultivo de repollo.

| N° | Ingrediente activo | Nombre comercial de insecticidas | Plaga objetivo |
|----|--------------------|----------------------------------|--|
| 1 | Benzoato de | Emamectin Benzoate® 5 SG | <i>P. xylostella</i> |
| 2 | emamectina | Formuclaim® 5 SG | <i>P. xylostella</i> |
| 3 | Cihalotrina-lambda | Judo® 2.5 EC | <i>T. ni, P. xylostella</i> |
| 4 | | Kung Fu® 2.5 EC | <i>T. ni, P. xylostella</i> |
| 5 | | Lambda cihalotrina® 2.5 EC | <i>T. ni, P. xylostella</i> |
| 6 | | Sumo® 2.25 EC | <i>T. ni, P. xylostella</i> |
| 7 | Cipermetrina | Alfaciper® 25 EC | <i>T. ni, P. xylostella, S. exigua</i> |
| 8 | | Artillero® 25 EC | <i>T. ni, P. xylostella, S. exigua</i> |
| 9 | | Cipermetrina® 25 EC | <i>T. ni, P. xylostella, S. exigua</i> |
| 10 | | Cyper One® 25 EC | <i>T. ni, P. xylostella, S. exigua</i> |
| 11 | | Hyperkill® 25 EC | <i>T. ni, P. xylostella, S. exigua</i> |
| 12 | | Supermetrina® 25 EC | <i>T. ni, P. xylostella, S. exigua</i> |
| 13 | Clorantraniliprol | Coragen® 20 SC | <i>P. xylostella</i> |
| 14 | | Clorankill® 20 SC | <i>P. xylostella</i> |
| 15 | | Eficaz® 20 SC | <i>P. xylostella</i> |
| 16 | | Líder® 20 SC | <i>P. xylostella</i> |
| 17 | | Prodigy® 20 SC | <i>P. xylostella</i> |
| 18 | | Repel® 20 SC | <i>P. xylostella</i> |
| 19 | | Skiter® 20 SC | <i>P. xylostella</i> |
| 20 | | Urano® 20 SC | <i>P. xylostella</i> |
| 21 | Clorfenapir | Agropir® 24 SC | <i>P. xylostella</i> |
| 22 | | Ratnik® 24 SC | <i>P. xylostella</i> |
| 23 | Flubendiamida | Belt® 48 SC | <i>S. exigua, P. xylostella</i> |
| 24 | Indoxacarb | Agroindo® 30 WG | <i>P. xylostella, T. ni, S. exigua</i> |

| | | | |
|----|-------------------------|---------------------|--|
| 25 | | Indocarb® 30 WG | <i>P. xylostella, T. ni, S. exigua</i> |
| 26 | | Lepicar® 15 SC | <i>P. xylostella</i> |
| 27 | | Mettaro® 30 WG | <i>P. xylostella, T. ni, S. exigua</i> |
| 28 | Lufenuron | Match® 5 EC | <i>T. ni, P. xylostella</i> |
| 29 | Profenofos+Cipermetrina | Sanofos Plus® 44 EC | <i>T. ni, P. xylostella, S. exigua</i> |
| 30 | Tiociclam | B-Sect® 50 SP | <i>T. ni, P. xylostella</i> |
| 31 | | Opresor® 50 SP | <i>T. ni, P. xylostella</i> |

| N° | Ingrediente activo | Nombre comercial de fungicidas | Plaga objetivo |
|----|--------------------|--------------------------------|---|
| 1 | Clorotalonil | Clorotalonil® 72 SC | <i>Alternaria brassicae, Mycosphaerella brassicicola, Peronospora parasitica</i> |
| 2 | | Clorto-B® 72 SC | <i>A. brassicae, M. brassicicola, P. parasitica</i> |
| 3 | | Knight® 72 SC | <i>A. brassicae, M. brassicicola, P. parasitica</i> |
| 4 | | Prix® 72 SC | <i>A. brassicae, M. brassicicola, P. parasitica</i> |
| N° | Ingrediente activo | Nombre comercial de herbicidas | Plaga objetivo |
| 1 | Oxifluorfen | Gilox® 24 EC | <i>Amaranthus spp., Portulaca oleracea, Ipomoea spp., Bidens spp., Echinochloa sp., Eleusine spp., Seratia spp.</i> |
| 2 | | Oxigol® 24 EC | <i>Amaranthus spp., P. oleracea, Ipomoea spp., Bidens spp., Echinochloa sp., Eleusine spp., Seratia spp.</i> |

Fuente: CNRCST, 2023.



Anexo 9. Aplicaciones de plaguicidas sin Equipo de Protección Personal.



Anexo 10. Almacenamiento de plaguicidas.



Anexo 11. Envases de plaguicidas vacíos abandonados dentro de la parcela.



Anexo 12. Centro de acopio y reciclaje de envases vacíos de agroquímicos en Tomatoya, Jinotega.

Anexo 13. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks.

| Variable | n | Media | D.E. | W* | p (Unilateral D) |
|-----------------|----------|--------------|-------------|-----------|-------------------------|
| Residuos | 8 | 0.00 | 173.58 | 0.93 | 0.6332 |

Anexo 14. Registro de productos usados en Jinotega y Matagalpa durante en el ciclo del cultivo.

| No. | Efecto biocida | Producto comercial | P.C | IPUR |
|-----|----------------|--------------------|-----|------|
| 1 | I | Agri-mycin® | 7 | No |
| 2 | B | Agry-Gent-Plus® | 28 | No |
| 3 | F | Antracol® | 7 | No |
| 4 | I | Arriba® | 14 | Si |
| 5 | I | Avaunt® | 3 | Si |
| 6 | F | Aztrostar Top® | 7 | Si |
| 7 | F | Biocarben® | 7 | No |
| 8 | I | Biokim Diazinon® | 14 | No |
| 9 | H | Bioquim Oxiflu® | 30 | No |
| 10 | F | Carbendazim® | 7 | No |
| 11 | I | Cepadik® | 7 | Si |
| 12 | I | Cipermetrina® | 14 | Si |
| 13 | I | Coragen® | 30 | Si |
| 14 | I | Curagro® | 7 | No |
| 15 | I | Geminis® | 30 | No |
| 16 | I | Gorilla® | 28 | No |
| 17 | I | Gusakill® | 7 | No |
| 18 | F | Kasumin® | 10 | Si |
| 19 | I | Lorsban® | 20 | No |
| 20 | F | Mancozeb® | 10 | Si |
| 21 | F | Moxan MZ® | 7 | No |
| 22 | I | Muralla Delta® | 21 | Si |
| 23 | I-A | Newmectin® | 7 | Si |
| 24 | I | Pantera® | 3 | Si |
| 25 | I | Pestrin® | 7 | No |
| 26 | I | Proclaim® | 7 | Si |
| 27 | I | Resguardo® | 3 | Si |
| 28 | I | Snaiper® | 7 | Si |
| 29 | I | Spintor® | 1 | Si |
| 30 | I | Tryclan® | 14 | Si |
| 31 | I-N | Vydate® | 7 | Si |
| 32 | I | Winner® | 1 | Si |
| 33 | F | Actiler® | * | No |
| 34 | F | Amistar® | * | Si |
| 35 | M | Axcela® | * | No |
| 36 | B | Bacter stop® | * | No |
| 37 | I | Benzotin® | * | Si |
| 38 | F-B-V | BioLife® | * | Si |
| 39 | F | Caldo bórdeles® | * | No |
| 40 | F-B | Coperlec® | * | Si |
| 41 | F-B | Copper green® | * | Si |
| 42 | I | Dipel® | * | Si |

| No. | Efecto biocida | Producto comercial | P.C | IPUR |
|------------|-----------------------|---------------------------|------------|-------------|
| 43 | H | Elimina® | * | No |
| 44 | H | Fluazilex® | 8 | Si |
| 45 | H | Fusilade® | 8 | Si |
| 46 | F-B | Genoxi® | * | No |
| 47 | H | Glifosato® | * | No |
| 48 | H | Gramoxone Super® | * | Si |
| 49 | F | Knight® | * | Si |
| 50 | I | Mondor® | * | No |
| 51 | F | Nobact® | * | Si |
| 52 | F-B | Phyton® | * | Si |
| 53 | F-B | Promect Cobre® | * | Si |
| 54 | H | Root Out® | * | No |
| 55 | H | Roundup® | 7 | No |
| 56 | I-N | Thimet® | * | No |
| 57 | I | XenTari® | * | Si |

P.C: Periodo de carencia, (*) no tienen P.C, IPUR: Indicado para su uso en repollo (según fabricante), I: Insecticida, F: Fungicida, B: Bactericida, H: Herbicida, M: Molusquicida, I-A: Insecticida-Acaricida, I-N: Insecticida-Nematicida, F-B: Fungicida-Bactericida, F-B-V: Fungicida-Bactericida-Viricida.