

# Agroquímicos y riesgo para la salud y ambiente: problemática en la vereda El Valle, municipio de Junín, Cundinamarca

Agrochemicals and health and environmental risk: problematic in the village of El Valle, municipality of Junín, Cundinamarca

Bibiana Esperanza Rodríguez<sup>1</sup>, Mónica María Rodríguez<sup>1</sup>, Ligia Consuelo Sánchez MSc<sup>2</sup>

Recibido: 03 de mayo de 2020

Aceptado: 30 de mayo de 2020

## Resumen

La vereda conocida como El valle, ubicada en el municipio de Junín, Cundinamarca, en la Provincia del Guavio, está ubicada a 103 km de Bogotá; es una zona montañosa con numerosos recursos hídricos. Un importante ingreso en la economía de la localidad es la agricultura, una de las actividades que, con la ganadería, son las de mayor rentabilidad para los campesinos. En estas dos labores, pero en particular en la agrícola, el uso inadecuado de sustancias produce las peores consecuencias en la fertilización de la tierra, el control de plagas y enfermedades. Los insecticidas, plaguicidas y fertilizantes son los químicos que ocasionan daño al medio ambiente: suelo, aire y agua. También constituyen un peligro para la salud de los campesinos, quienes hacen mal manejo de estas sustancias. Adicionalmente, la residualidad es también un problema, porque está presente en los productos de consumo para la población de la zona y para los compradores de otras regiones a donde son llevados los alimentos para su venta. Además de la revisión bibliográfica, se realizó una entrevista - encuesta, la cual fue aplicada a los agricultores y comerciantes

<sup>1</sup> Estudiantes. Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico, Facultad Ciencias de la Salud. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

ORCID (BER): <https://orcid.org/0000-0001-6009-0659>

ORCID (MMR): <https://orcid.org/0000-0002-7030-2747>

<sup>2</sup> Profesora de Planta, Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico, Facultad Ciencias de la Salud.

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7796-1326>

Correspondencia: [lconsuelosanchez@unicolmayor.edu.co](mailto:lconsuelosanchez@unicolmayor.edu.co)

de agroquímicos de la región, dando a conocer un panorama en el uso de agroquímicos en la vereda el Valle, municipio de Junín, Cundinamarca con el fin de profundizar en este conocimiento.

**Palabras claves:** agricultura, plaguicidas, fertilizantes, intoxicación, enfermedad, ambiente.

## Abstract

The path known as El Valle, located in the municipality of Junín, Cundinamarca, in the Province of Guavio, is located 103 km from Bogotá; It is a mountainous area with numerous water resources. An important income in the local economy is agriculture, one of the activities that, with livestock, are the most profitable for farmers. In these two tasks, but in particular in agriculture, are the consequences of the inappropriate use of chemical substances, for the fertilization of the land and the control of pests and diseases. Insecticides, pesticides and fertilizers are the most commonly used substances that cause damage to the environment: soil, air and water. They also constitute a danger to the health of farmers, who make inappropriate use of these substances. Additionally, residuality is also a problem, because it is present in consumer products for the population of the area and for buyers in other regions where food is taken for sale. The following review presents an overview of the use of agrochemicals in the region in the village of El Valle, municipality of Junín, Cundinamarca. In addition to the bibliographic review, an interview - survey was conducted, which was applied to farmers and traders of agrochemicals in the region, presenting an overview of the use of agrochemicals in the village of El Valle, municipality of Junín, Cundinamarca with In order to deepen this knowledge.

**Keywords:** farming, pesticides, fertilizers, poisoning, disease, environment.

## Introducción

El municipio de Junín se encuentra localizado al sur oriente del departamento de Cundinamarca en la región del Guavio, conformado por 24 veredas y ubicado a 2360 msnm. Hasta el año 2015, había una población de 8.610 personas, de las cuales el 90.1% se encontraban en el área rural, y el 9.9 restante en la cabecera municipal (1).

La vereda El Valle se caracteriza por ser una zona montañosa, rica en zonas verdes, recursos hídricos y gran biodiversidad. Su actividad económica se basa en la agricultura y la ganadería, reflejándose una baja producción lo que genera una gran inestabilidad en su economía.

La actividad agrícola permite obtener ingresos económicos a campesinos y comerciantes de la vereda; para lograr una mayor efectividad en esta labor, se hace uso frecuente de agroquímicos con el fin de proteger los cultivos y por lo tanto, se convierten en elementos empleados para el crecimiento efectivo, cuidado de malezas, plagas y enfermedades. Desafortunadamente, aunque ellos no lo reconocen, se sabe que estas sustancias pueden causar daño a los recursos naturales y también derivar en problemas de salud tanto para ellos y sus familias ya que no se tienen en

cuenta las condiciones ambientales de temperatura, humedad, viento, entre otros; así como los elementos de protección personal para su aplicación (3).

En el caso de la vereda El Valle, los agroquímicos son administrados en los cultivos sin control; teniendo en cuenta la conversación realizada con el director de la Unidad Municipal Técnica Agropecuaria UMATA, del municipio de Junín, médico veterinario Mario Talero, se pudo establecer que ésta oficina no lleva ningún control, ni ha realizado capacitaciones a la población en el uso eficiente y responsable de agroquímicos en los cultivos; los agricultores lo realizan de manera empírica, de acuerdo con la experiencia propia o siguiendo las tradiciones familiares. Para el control de enfermedades muy agresivas en los cultivos, los agricultores utilizan mayor cantidad de agroquímicos para combatirlas, sin medir las consecuencias a corto, mediano y largo plazo. Otro aspecto del cual se habló con el director fue que las personas que realizan las aspersiones no portan los elementos de bioseguridad establecidos para tal fin.

Teniendo en cuenta esta problemática y en general el desconocimiento por parte de la población de la zona sobre el uso de los agroquímicos, se hace necesario realizar una

revisión sobre la temática e incluir la información y resultado de encuestas a los agricultores de la vereda y a los dueños de negocios agrícolas; a fin que la información obtenida permita hacer uso de correctivos y mejorar el procedimiento de manejo de agroquímicos que beneficien al agricultor. Adicionalmente, detectar algún efecto negativo sobre el medio ambiente o la salud de quienes hacen uso de ellos.

Los datos analizados fueron obtenidos a partir de la aplicación de una entrevista-encuesta a los comerciantes y agricultores, para determinar con cierto nivel de veracidad cuales son los tipos de agroquímicos empleados por los agricultores de la región.

### Vereda El Valle, Junín, Cundinamarca

La vereda El Valle, está ubicada en el municipio de Junín, sur oriente de Cundinamarca, provincia del Guavio; cuenta con una población aproximada de 550 personas, lo que representa un 6.3% de la población total del municipio. La temperatura promedio es de 16°C y está ubicado a 2360 msnm. Tiene un gran relieve montañoso, se caracteriza por tener una amplia variedad de recursos na-

turales, con corrientes superficiales como quebradas y ríos, además, gran diversidad de fauna y flora (2).

Según diferentes estudios, el suelo de Junín cuenta con características físicas y químicas aptas para la agricultura, pero se ha visto afectado por diferentes prácticas que lo dañan, causando un impacto negativo sobre el medio ambiente; en la vereda El Valle y en general en el municipio de Junín, se evidencia una problemática socio económica, con un alto grado de pobreza e insatisfacción de las necesidades básicas que se ve reflejada en la falta de empleo, bajo rendimiento agrícola, ganadero e industrial, consecuencia de falta de educación, desinterés en la inversión de recursos por partes externas al municipio y escasez de recursos.(2).

No hay información exacta sobre los cultivos que existen en la zona. Con el apoyo de las encuestas realizadas, se encontró que la actividad agrícola de la vereda se basa en pequeños cultivos de papa, arveja, frijol, tomate de árbol, mora, maíz, uchuva, tomate, gulupa y granadilla; los sistemas de producción son monocultivos, que son utilizados para consumo familiar y en pequeña escala para comercialización, lo cual se hace a través de intermediarios. Las áreas sembradas de los cultivos son aproximadamente de una hectárea

(1ha); lo que corresponde a un 25% de la totalidad del terreno, para actividades como ganadería y pastoreo, dedican el 75% de la extensión de terrenos restantes.

En dichas actividades económicas como son la agricultura y la ganadería se utiliza la misma fuente de agua que para consumo humano, estas son aguas sin ningún tipo de tratamiento. La agricultura en esta vereda es deficiente en cuanto a la comercialización de sus productos, porque los insumos para las labores culturales (siembra, limpieza y recolección de cosecha) tienen un alto costo, por no contar con nuevas tecnologías agropecuarias, personal idóneo y suficiente para dichas labores lo que disminuye su calidad, productividad y rendimiento (2).

### Información obtenida por el método entrevista – encuesta

La recolección de información se hizo a partir de la aplicación de una entrevista - encuesta a dos grupos de personas, dos comerciantes de agroquímicos, que corresponde al 100% de los vendedores de agroquímicos del municipio y veinticinco habitantes de la zona, el 12% del total de agricultores.

La entrevista - encuesta a los comerciantes de agroquímicos del municipio, se realizó con el fin de obtener información sobre qué plaguicida o fertilizante recomendaban a los agricultores, para que variedad vegetal la requerían, como indicaba al agricultor sobre su manejo, en qué etapa de desarrollo de la planta debían aplicarlo, y el abono que les sugerían.

La información de los comerciantes arrojó como resultado, que ellos explican la importancia y necesidad del uso de elementos de bioseguridad para el manejo de agroquímicos, la forma en que deben prepararse para su aplicación; si es en agua, esparcir con fumigadora manual o con motor. Aunque existen diferentes tipos de productos para control de plagas y enfermedades de las diferentes variedades vegetales, los que más recomiendan los vendedores de estos productos, por su efectividad y costo son Lorsban y Nutrimon; como fertilizantes Nutrifoliar y 15-15-15. Los dos comerciantes coincidieron en la información y, además, recalcaron que estos agroquímicos son los más útiles para cualquier clase de cultivo, aplicándolos en la primera fase de desarrollo de la planta.

La entrevista - encuesta aplicada a los agricultores de la vereda, tuvo como objetivo indagar sobre datos generales, nombre de la finca, tamaño

del terreno, temperatura, ubicación geográfica, datos del cultivo, la variedad vegetal de siembra, el tiempo de cosecha, el número de plantas, área sembrada, uso del suelo y distancia entre las plantas; adicionalmente, sobre la disposición final de los productos y su comercialización. La aplicación de esta herramienta tenía como finalidad tener un acercamiento cordial con los agricultores, demostrarles interés en el manejo de los cultivos y a la vez, conocer el uso que ellos le dan a los agroquímicos en su actividad agrícola, así como establecer su conocimiento sobre los efectos secundarios que su aplicación tiene para la salud humana.

Los resultados evidenciaron que en la vereda, los cultivos más representativos son papa, arveja, frijol, tomate de árbol, mora, maíz, uchuva, tomate, gulupa y granadilla, en pequeños minifundios con una extensión máxima de una hectárea (ha), para el 92% de los encuestados. El cuatro 4% restante, tienen terrenos que pueden llegar a las tres hectáreas. La distancia de las plantas dependía del tipo de variedad vegetal que se siembra; se encontró que la distancia oscila entre 50 cms hasta 3 mts, aproximadamente.

Con relación a la recolección de la cosecha, los agricultores manifestaron que se realiza de manera semanal (16% encuestados), o, quincenal (84%

encuestados) y esto depende de la variedad vegetal de sus terrenos. Manifestaron también, una buena parte de los ingresos por venta de cosecha, se reinvierte en la compra de fertilizantes y agroquímicos para el mantenimiento de los cultivos y la otra parte para el sostenimiento de sus familias junto con las otras actividades pecuarias que realizan como la ganadería en pequeña escala por propietario, aves de corral, porcinos entre otras.

Con relación al uso de los agroquímicos plaguicidas, los agricultores mencionaron que los más utilizados son: Aldrin (2%), Decis (3%), Amistar (30%), Lorsban (50%), Eltra (5%) y Furadan (10%). La periodicidad de aplicación para el 52% de los agricultores es semanal y 44% quincenal. En cuanto a la aplicación de los insumos lo realizan disolviéndose en agua en su totalidad para su aspersion y sin utilizar todos los elementos de protección requeridos para dicha labor. Estos resultados evidencian una exposición alta a los agroquímicos que unido a la falta de uso de los elementos de protección personal que manifestaron también en las respuestas, constituye un alto riesgo para la salud de los agricultores y sus familias. Adicionalmente, ninguno manifestó estar afiliado al sistema de riesgos profesionales y en el último año nunca han consultado los servicios de salud para chequeos médicos o relacionados.

Posteriormente, en conversación espontánea con las personas que administran la producción, se pudo establecer que los agricultores no tienen claridad sobre las instrucciones de manejo de los agroquímicos, ya que solo se basan en las indicaciones de uso impartidas por los vendedores. Se observa entonces, que los agricultores solo cuentan con conocimientos empíricos sobre el manejo de los agroquímicos.

### Agroquímicos, un enemigo latente para los agricultores

De acuerdo con el Código Internacional de Conducta para la gestión de Plaguicidas de la FAO y la OMS, los agroquímicos son sustancias o mezclas de alto consumo que previenen, controlan o destruyen plagas, incluyendo los vectores de enfermedad humana o animal en la producción agrícola (4).

Así mismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) informa que los plaguicidas son altamente peligrosos y pueden causar efectos tóxicos agudos o crónicos, situación que plantea riesgos específicos para la salud del hombre. La contaminación ambiental también puede ser un riesgo para la salud debido al consumo de restos de plaguicidas en los alimentos y posiblemente, en el agua potable. Si bien,

algunos países desarrollados cuentan con sistemas para registrar los plaguicidas y controlar su comercialización, esto no siempre sucede en los países en vía de desarrollo (5). La indagación realizada a los agricultores de la Vereda el Valle del municipio de Junín, confirmó lo que está reportado en la literatura: no llevan ningún registro ni control del uso de los diferentes agroquímicos en sus labores agrícolas y por supuesto ningún cuidado con su salud.

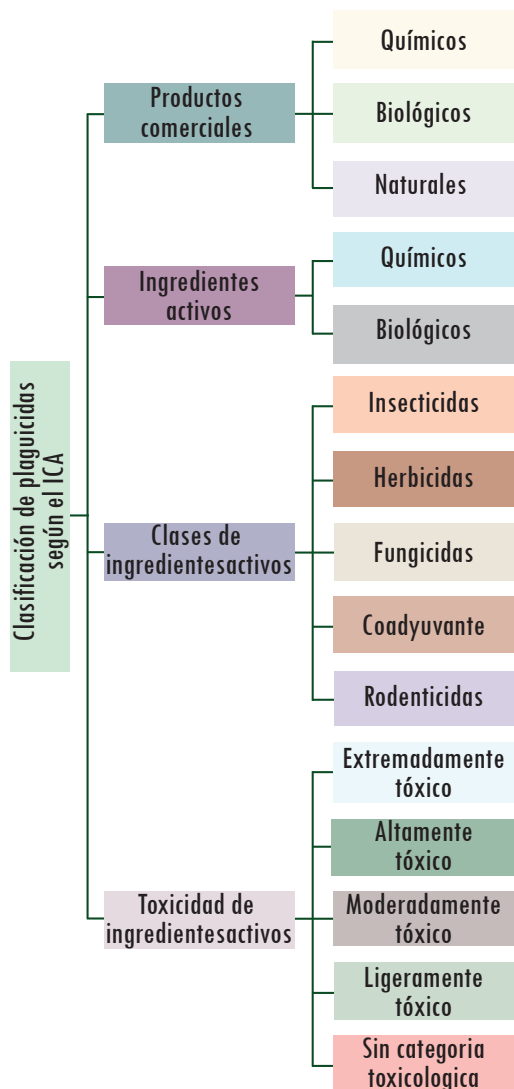
El uso de agroquímicos ha sido una práctica común en Colombia, como en todos los países del mundo donde hay una alta actividad agrícola; su uso incrementa con el aumento de la población y de las necesidades alimentarias, para el control de vectores infecciosos; en estudio realizado en Córdoba Colombia encontraron que algunos de los agricultores que por largos periodos de uso de plaguicidas presentaron intoxicación crónica de origen ocupacional, por exposición continuada a bajas dosis del compuesto químico (6).

Se sabe y está reportado que estos productos afectan la fauna, flora, agua, aire, y suelo. Además "se han convertido en agentes causantes de desequilibrio en el ecosistema, provocando la destrucción de plantas alimenticias y silvestres" (7).



La normatividad en Colombia para el uso de agroquímicos es realizada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Esta entidad, divide los agroquímicos en plaguicidas y fertilizantes. En la Figura 1, se presenta la clasificación de los plaguicidas según su ingrediente activo y toxicidad para que los agricultores en su uso tengan en cuenta sus niveles de toxicidad y los efectos e implicaciones que tienen para la salud y el medio ambiente.

**Figura 1.** Clasificación de los agroquímicos.



**Fuente.** Clasificación según el ICA. Revista semillas (8).



En la tabla 1, se presentan los agroquímicos más usados por los agricultores de la vereda El Valle en Junín. Se observa, la composición química de cada uno de los productos.

**Tabla 1.** Agroquímicos más utilizados por agricultores de la vereda El Valle.

Agroquímico	Características	Referencia
Aldrin	Grupo químico: Organoclorado Nombre comercial: Aldrex Fórmula: C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub> Acción biocida: insecticida	(8)
Decis Deltametrina	Grupo químico: Piretroide Nombre comercial: Decis Fórmula: C <sub>22</sub> H <sub>19</sub> Br <sub>2</sub> N O <sub>3</sub> Acción biocida: insecticida	(9)
Amistar Azoxystrobin+ Ciproconazole	Grupo químico: Metoxiacrilatos Nombre comercial: Amistar Fórmula: Azoxystrobin: C <sub>22</sub> H <sub>17</sub> N <sub>3</sub> O <sub>5</sub> Ciproconazole : C <sub>15</sub> H <sub>18</sub> ClN <sub>3</sub> O Acción biocida: fungicida	(10)
Lorsban Clorpirifós	Grupo químico: Organofosforado Nombre comercial: Lorsban Fórmula: C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> Cl <sub>3</sub> N <sub>3</sub> O <sub>3</sub> PS Acción biocida: insecticida	(11)
Eltra Carbosulfan	Grupo químico: Carbamatos Nombre comercial: Eltra Fórmula: C <sub>20</sub> H <sub>32</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> S Acción biocida: insecticida	(12)
Furadan Carbofurano	Grupo químico: Carbamatos Nombre comercial: Furadan Fórmula: C <sub>12</sub> H <sub>15</sub> N <sub>3</sub> O <sub>3</sub> Acción biocida: insecticida	(13)

**Fuente.** Elaboración propia.

La sobreexplotación del suelo y la poca rotación de cultivos ha llevado a un agotamiento de la fertilidad natural y a un deterioro de la capa vegetal, conllevando a la proliferación de diferentes hongos y plagas que cada vez son más resistentes a los insecticidas, fungicidas y herbicidas, lo que lleva a un deterioro en la producción de los diferentes cultivos, por lo cual se hace necesario utilizar diferentes tipos de fertilizantes naturales para recuperar los suelos e incorporar los microorga-

nismos benéficos para la producción agrícola. (15)

A nivel internacional, la IFA (Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes), brinda información acerca del aporte de nutrientes a los cultivos, mejora en la productividad de suelos y los alimentos para aumentar su calidad y producción, en pro de la población (16). En el caso particular de los agricultores encuestados, los fertilizantes que más utilizan son

de origen químico como el Nutrimon con alto contenido de nitrógeno que permite una rápida acción fertilizante debido a su inmediata disponibilidad para el cultivo junto con otros compuestos como potasio, fósforo y azufre, donde su característica importante es alta solubilidad por su importancia en la eficacia agronómica, pues permite una rápida utilización por el cultivo de los nutrientes aplicados, además brinda buenos resultados en la producción (17), utilizado por un 48% de agricultores, seguido por el 15-15-15 compuesto de fósforo, nitrógeno y potasio ya que está indicado para múltiples cultivos, es utilizado para satisfacer las necesidades nutritivas de la planta en forma equilibrada (18) empleado por un 28% de los encuestados.

Desde el punto de vista económico, el uso de agroquímicos en la agricultura puede aumentar la producción y mejorar las características físicas del producto en un lapso corto de tiempo

para incursionar en el mercado. A nivel internacional la exigencia es reducir al máximo el uso de agroquímicos y reemplazarlo por productos orgánicos para el control fitosanitario y de esta manera garantizar a los consumidores un producto limpio, de calidad, nutritivo, que sea amigable con el medio ambiente y no afecte la salud humana para que en un determinado tiempo sea más rentable para el agricultor. (19)

### Agroquímicos, efecto en la salud humana y medio ambiente

El concepto de toxicidad, es la capacidad de una sustancia de producir efectos adversos en organismos vivos, llegando a causar efectos agudos o crónicos (20). La exposición a estas sustancias puede ser directa o indirecta y se puede expresar de cuatro formas (21) las cuales están descritas en la tabla 2.

**Tabla 2.** Formas de intoxicación (21).

Forma	Descripción
Toxicidad oral aguda	Ingestión "de una sola vez" de un plaguicida, que causa efectos tóxicos en un ser vivo. Puede afectar tanto al manipulador como al resto de la población expuesta.
Toxicidad dérmica	Riesgos tóxicos debidos al contacto y absorción del plaguicida en la piel.

Forma	Descripción
Toxicidad por inhalación	Se produce al respirar una atmósfera contaminada por el plaguicida, como ocurre con los fumigantes, o cuando un ser vivo está inmerso en una atmósfera cargada de un polvo insecticida o en pulverizaciones finas (nebulización, rociamiento o atomización).
Toxicidad crónica	Utilización de dietas alimenticias preparadas con dosis variadas del producto tóxico. Las alteraciones más importantes para considerar son: problemas reproductivos, cáncer, trastornos del sistema neurológico, efectos sobre el sistema inmunológico, alteraciones del sistema endocrino y suicidio.

Fuente. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los resultados de las entrevista - encuesta sobre los agroquímicos más utilizados en la vereda El Valle, en la tabla 3, se presentan algunos de los efectos en la salud humana y el medio ambiente que pueden llegarse a presentar por

las malas prácticas en la aplicación y por el uso del mismo producto en un lapso largo. Aunque en algunas ocasiones, de acuerdo con la información encontrada, no se evidencia ningún síntoma a corto plazo.

Tabla 3. Efectos del uso agroquímicos.

Agroquímico	Uso limitado o prohibido	Efecto en la salud humana	Efecto en el medio ambiente
Aldrin	Desde 1970 en algunos países, se ha limitado el uso de Aldrin, o han prohibido el uso del compuesto (21)	Por exposición mucho tiempo, se evidencia síntomas de intoxicación, convulsiones e inconvenientes con el sistema nervioso. Por tiempo menor se evidencia dolores de cabeza, mareo, irritabilidad, vómitos o movimientos musculares sin control. Probablemente es carcinogénico en los seres humanos (22)	En el suelo y en el agua se degrada muy lentamente, se adhiere al suelo y puede permanecer inalterado muchos años, en el ambiente se adhiere al suelo y a sedimentos en el fondo de lagos, lagunas y arroyos, adherido a partículas de polvo puede ser transportado grandes distancias por el viento. Se acumulan en el tejido graso de los animales (22)
Decis	no	Puede causar ocasionalmente síntomas de irritación pasajeros sin gravedad. (23)	Es muy tóxico para animales de sangre fría, contaminante para lagos, ríos, estanques, tóxica para las abejas o polinizadores. (24)
Amistar	.	Se debe evitar el contacto directo con ojos, piel y ropa, para evitar irritación. (25)	Tóxico en organismos acuáticos, tiene efectos nocivos duraderos, contaminante para ríos, lagos o alcantarillados. (26) Se ha demostrado que se pueden desarrollar cepas de hongos resistentes a los fungicidas, lo que podría resultar en falta de efectividad y disminución del rendimiento. (25) Se ha demostrado en un estudio, que tiene efectos negativos en el crecimiento de salmón. (27)
Lorsban	no	Puede causar alteraciones neurológicas como cefaleas, sudoración, mareo, visión borrosa. (28) Los efectos sobre el humano dependen de la dosis, el contacto, y la duración. (29)	En el suelo, permanecen en el área, ya que se adhieren firmemente a las partículas, por tal motivo hay poca probabilidad que se desprendan del suelo y pase a sistemas de agua. La volatilización es la principal manera en que se propaga. (29)

Agroquímico	Uso limitado o prohibido	Efecto en la salud humana	Efecto en el medio ambiente
Eltra	no, en Colombia está fuera del mercado, por ineffectividad (30)	Se debe evitar aspirar para evitar irritación. La intoxicación por Eltra, puede causar debilidad, visión borrosa, dolor de cabeza, náuseas, sudor, pulso lento y temblor muscular. Entre otras (12)	Si se utiliza en dosis adecuadas no tiene efectos negativos sobre el medio ambiente. Es tóxico para peces y organismos acuáticos. También para tanques, estanques, ríos o arroyos. (12)
Furadan	Está prohibido en Canadá, la Unión Europea y en Argentina. En Colombia el ICA advirtió que debe ser vendido bajo supervisión de expertos. (31)	En intoxicaciones agudas se puede presentar espasmos musculares, pérdida de coordinación y paros cardiorrespiratorios. En intoxicaciones crónicas pueden afectar el sistema inmunológico. También provoca efectos mutagénicos y teratogénicos. (32)	Al llegar a los cultivos puede contaminar fuentes de agua, aire, suelo o alimentos. (33)

Fuente. Elaboración propia.

La Organización Mundial de la Salud OMS estima, que cada año se producen 25 millones de intoxicaciones por venenos agroquímicos en el mundo y alrededor de 20.000 muertes provocadas por ellas; se calcula que el 99% ocurren en las naciones “en desarrollo” (34).

En Colombia, se desconoce la mortalidad por intoxicación con plaguicidas debido a que son escasas las investigaciones epidemiológicas sobre el tema. Además que el monitoreo de residuos de pesticidas sigue siendo un desafío ya que están presentes en un nivel muy bajo concentración a veces ya transformada o conjugado con otras moléculas, haciéndolas difícil de separar y cuantificar, por eso la necesidad de encontrar nuevos sistemas de identificación (35), Sin embargo, el Instituto Nacional de Salud (INS), en el informe de evento

intoxicaciones por sustancias químicas Colombia en el año 2017, reportó 39.790 casos, de los cuales 8.423 fueron por plaguicidas, y las entidades territoriales donde se reportaron los casos fueron Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca, Caldas, Nariño y Cundinamarca, en su orden cuentan con la mayor notificación de casos al SIVIGILA. (36). Hasta la fecha en la vereda el Valle municipio de Junín no se encuentra ningún reporte escrito o investigaciones epidemiológicas acerca de las intoxicaciones por agroquímicos, de igual manera se desconoce sobre alguna capacitación a través de actividades pedagógicas por parte de las autoridades municipales que les permita a los agricultores conocer los efectos que causa el uso inadecuado de los agroquímicos.

La contaminación ambiental por plaguicidas está dada fundamental-

mente por aplicaciones directas en los cultivos agrícolas, lavado inadecuado de tanques, filtraciones en los depósitos de almacenamiento, residuos descargados y dispuestos en el suelo, derrames accidentales y el uso inadecuado de los mismos por parte de la población. Los restos de estos plaguicidas se dispersan en el ambiente y se convierten en contaminantes para los sistemas bióticos (animales y plantas principalmente) y abióticos (suelo, aire y agua) amenazando su estabilidad y representando un peligro de salud pública” (37). Para los agricultores de esta vereda es muy difícil percibir el impacto ambiental causado por las diferentes prácticas agrícolas, en especial, por el uso reiterado de los diferentes agroquímicos a causa del desconocimiento de sus efectos. En consecuencia, es un problema latente que afecta a todos los pequeños cultivadores.

Lamentablemente para los agricultores y para los cultivos, es necesario el uso de los agroquímicos, porque su acción es la manera de controlar las plagas y enfermedades a las que están expuestos. Por la experiencia cotidiana del agricultor ha sido una práctica que se ha venido manejando desde hace muchos años, para mejorar su producción y así mismo la rentabilidad.

## ¿Se podría mejorar el uso de agroquímicos en la vereda El Valle?

La población de la vereda El Valle ha estado por mucho tiempo vulnerable a los daños en su salud y el medio ambiente que la rodea por la carencia de una cultura ambiental frente a la exposición directa relacionada con el uso de los agroquímicos en las actividades agrícolas. Para minimizar los efectos del uso de agroquímicos en este grupo poblacional, es necesario darles a conocer los diferentes métodos y estrategias empleados en la actualidad, que contribuyen al buen uso de agroquímicos. Simultáneamente, implementar la agricultura limpia.

La agricultura limpia, ofrece productos sin residuos de pesticidas, mejora la calidad de las cosechas y ayuda a mantener un gran nivel de producción en frutas y hortalizas tipo exportación, pues se utilizan productos fertilizantes y fitosanitarios sin residuos llevando a una disminución de pesticidas. Al reducir el uso de agroquímicos, se está evitando: el desarrollo de resistencia en plagas y enfermedades y la pérdida de especies deseables. Adicionalmente, se está eliminando el riesgo de los agroquímicos para las personas y el ambiente, asegurando productos limpios para los consumidores (38).

Un estudio realizado en el año 2002 demostró que la cafeína reduce los parásitos presentes en lechugas, este es un ejemplo claro de que se puede implementar el uso de otras sustancias no tóxicas para la práctica agrícola (39).

En la búsqueda de producción basada en agricultura limpia, en Colombia se ha expedido en los últimos años, cambios normativos como el decreto ley 893 de 2017 "Por el cual se crean los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial - PDET", el objetivo principal es lograr la transformación estructural del campo y el ámbito rural, donde se pueda hacer del campo colombiano un escenario de reconciliación en el que todos y todas trabajan alrededor de un propósito común, que es la construcción del bien supremo de la paz, derecho y deber de obligatorio cumplimiento (40). Igualmente según información del Ministerio de Agricultura el país ha implementado estrategias de cooperación internacional que mejoren la competitividad e implementan el uso de agricultura limpia, como se demostró en Febrero de 2018 donde Colombia, Alemania, Noruega y la Gran Bretaña "iniciaron la ruta de cooperación internacional para desarrollar producción agropecuaria sostenible, comercio y apoyo para cadenas productivas en nuestro país" (41).

Es necesario que los gobiernos territoriales, inviertan sus presupuestos en el cumplimiento de la normatividad relacionada con producción limpia, siguiendo el ejemplo de países como Costa Rica que ha promovido la expansión de la producción orgánica de alimentos, donde se elimina el uso de productos químicos para control de plagas y enfermedades como en la fertilización, para lo cual exigen certificación de los productos (42). También en proyectos donde su objetivo es incrementar la competitividad y el desarrollo empresarial de las comunidades rurales pobres, de manera sostenible, a través de alianzas orientadas por la demanda del sector privado comercializador, donde se apoye la agricultura ecológica libre de compuestos químicos (43).

Surge entonces la necesidad de abordar temas como el manejo Integrado de Plagas, considerado por el ICA como el "uso inteligente de todas las estrategias disponibles para mantener la población de plagas en niveles inferiores de los que causarían daño económico", en cuanto al uso integrado para algunos cultivos recomienda establecimiento de trampas que contengan atrayentes con feromonas para capturar y eliminar los insectos adultos (44).

Adicionalmente, es necesario capacitar a los productores en el manejo

fitosanitario y de patógenos, con alternativas como el control biológico o biocontrol, donde bacterias como las del género *Bacillus* y el potencial de sus enzimas amplían las perspectivas de uso para una agricultura sostenible, lo que permite la conservación del medio ambiente y un mejoramiento de la calidad y la producción en cultivos de interés agrícola. (45), las investigaciones se han orientado hacia el desarrollo de nuevas biotecnologías: provocando que exista un interés creciente en los microorganismos benéficos del suelo ya que éstos pueden promover el crecimiento de las plantas y, en algunos casos, evitar infecciones del tejido vegetal por patógenos. Las interacciones de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) con el medio biótico - plantas y microorganismos utilizan diferentes mecanismos de acción para promover el crecimiento de las plantas, ayudando a reducir el uso de fertilizantes y los impactos negativos al suelo y aumentando el rendimiento de los cultivos (46)

La aplicación de abonos orgánicos permite atenuar los efectos de lluvias intensas, sequías y cambios en patrones de lluvia sobre los cultivos, debido a que se mejora la capacidad de absorción y retención de humedad en el suelo, mejora en las propiedades del suelo incrementa la productividad, disminuye la necesidad de ma-

yores insumos agrícolas y controla la erosión (47)

Esta práctica se encuentra sustentada en investigaciones realizadas en entidades como CORPOICA, ICA, FEDEARROZ, FEDERALGODÓN, CENIBANANO, CENIPALMA, CENICAFÉ, ASO-COLFLORES, ASOCAÑA, ANDI, CIAT, ICA, FAO, Universidades, entre otros, pero que tienen una limitación y es su baja difusión entre los usuarios directos que son los agricultores. Esto se ha demostrado con la información directa que arrojan las respuestas obtenidas con el instrumento entrevista-encuesta, donde se evidencia la falta de conocimiento de pequeños productores que habitan la vereda de El Valle. Por lo tanto, es necesario motivar y capacitar a los productores para que se concienticen de la necesidad de acceder a programas de capacitación y tecnología que les permita conocer su suelo y la manera adecuada de obtener productos del campo de calidad, que garanticen la salud de la comunidad y a los productores.

Después de 1992 se planteó la idea de la "revolución verde" basada en los principios del desarrollo sustentable, disminuyendo los impactos negativos ambientales, con el concepto de gestión integrada de cultivos, a través del manejo integrado de plagas y de los nutrientes del suelo (48-49).



Otra alternativa que los agricultores e investigadores están aplicando y cada vez adquiere más popularidad consiste en la aplicación de la homeopatía en la agricultura (agrohomeopatía). Actualmente son varios países los que aplican esta nueva opción en la búsqueda de soluciones para combatir y controlar enfermedades en cultivos de importancia económica, además de la potenciación de la germinación de semillas y el vigor de las plantas, así como también en la desintoxicación de los suelos que han sido expuestos a tratamientos agrotóxicos. (50)

## Conclusiones

Como se ha visto y teniendo como referencia la agricultura limpia y la revolución verde se hace necesario cambiar la forma de producir los alimentos en especial en la vereda del Valle municipio de Junín Cundinamarca, generando un cambio de mentalidad tanto en los agricultores como en los comerciantes, creando conciencia ambiental y buscando estrategias de capacitación apoyados con las entidades municipales y departamentales; como UMATA, ICA, SENA, CORPOICA, CAR, CORPOGUAVIO entre otras que incentiven tanto a los agricultores a mejorar sus prácticas agrícolas para beneficio personal y de la comunidad

en que interactúan, como a los comerciantes a que se documenten y/o capaciten sobre el manejo adecuado de los insumos agroquímicos que venden para que puedan brindar una buena información a los agricultores, sobre el uso adecuado de estos y evitar efectos colaterales.

## Referencias

1. Municipios de Colombia. El municipio de Junín [Internet]. Cundinamarca: Alcaldía de Junín, 2015 [consultado 7 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.municipio.com.co/municipio-junin.html>
2. Prieto M. Plan de desarrollo municipal de Junín 2016- 2019 [Internet]. Junín: Alcaldía de Junín. 20 de mayo de 2016 [consultado 7 de marzo de 2020]. Disponible en: [https://junincundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/junincundinamarca/content/files/000127/6310\\_acuerdo-plan-de-desarrollo-junin-20162019.pdf](https://junincundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/junincundinamarca/content/files/000127/6310_acuerdo-plan-de-desarrollo-junin-20162019.pdf)
3. Pacheco R, Barbona E. Manual de uso seguro y responsable de agroquímicos en cultivos frutihortícolas [Internet]. Argentina. INTA, 2017 [consultado 7 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-manual-uso-agroquimicos-frutihorticola.pdf>
4. FAO. Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas [Internet]

- OMS y FAO, 2016 [consultado 7 de marzo de 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3604s.pdf>
5. OMS. Plaguicidas altamente peligrosos [Internet]. OMS; 2016 [consultado 7 de marzo de 2020]. Disponible en: [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/pesticides/es/](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/pesticides/es/)
  6. Luna Rondón J, Hanna Lavalle M, Amador C. Condición clínica y niveles de colinesterasa de trabajadores informales dedicados a la fumigación con plaguicidas. NOVA [Internet]. 2019 [citado 7 de marzo de 2020]; 17(31):67. Disponible en: <https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/nova/article/view/943>
  7. Niño J. Daños que causa el uso de agroquímicos. Calaméo [Internet]. 2017 [consultado 16 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://es.calameo.com/books/005195260beb9e0cfcc80>
  8. Nivia E. Los plaguicidas en Colombia. Revista Semillas. [Internet]. 2004 [consultado 16 de febrero de 2020]; 21: [11-16]. <http://www.semillas.org.co/es/los-plaguicidas-en-colombia>
  9. Cruz E. Aldrín. Manual de Plaguicidas de Centroamérica. Universidad Nacional. Disponible en: <http://www.plaguicidas-decentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/23-aldrin>
  10. BAYER, Decis. 2019. Disponible en: <https://www.cropscience.bayer.ec/~media/Bayer%20CropScience/Peruvian/Country-Ecuador-Internet/PAGIN%20WEB%20BAYER%20ECUADOR/PRODUCTOS/Fichas%20Tecnicas/DECIS.ashx?la=es-EC>
  11. Amistar, Ficha técnica. Centro de Agrosoluciones Syngenta. Disponible en: [https://www.syngenta.com.ar/sites/g/files/zhg331/f/amistar\\_etiqueta\\_0.pdf?token=1471356220](https://www.syngenta.com.ar/sites/g/files/zhg331/f/amistar_etiqueta_0.pdf?token=1471356220)
  12. CORTEVA. Lorsban. Disponible en: [https://www.dowagro.com/content/dam/hdas/dowagro\\_mexico/pdfs/FT\\_INS\\_MEX\\_LORSBAN\\_ADVANC](https://www.dowagro.com/content/dam/hdas/dowagro_mexico/pdfs/FT_INS_MEX_LORSBAN_ADVANC)
  13. AGROSIEMBRA, Carboculfan. Agrosiembra 2019. Disponible en: [http://www.agrosiembra.com/nc=ELTRA\\_48\\_EC-326](http://www.agrosiembra.com/nc=ELTRA_48_EC-326)
  14. López M. Furadan, ficha técnica México. Disponible en: <http://innovacionagricola.com/wp-content/uploads/2016/10/Furadan-350-L-FICHA-TECNICA.pdf>
  15. Héctor Fabián Vargas Navarro. Evaluación del impacto por aguas subterráneas en suelo utilizado para sistemas agrícolas en la vereda el Guarumo del municipio de Alpujarra (Tolima). [tesis]. Colombia: Universidad Católica de Manizales; 2018.
  16. BELL Rw, B Dell. Micronutrients for Sustainable Food, Feed, Fibre and Bioenergy Production [internet]. Paris. IFA; 2008. [Consultado 8 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/>

- publication/238765167\_Micronutrients\_for\_Sustainable\_Food\_Feed\_Fibre\_and\_Bioenergy\_Production
17. Gabriel Consuegra, Alfredo Scalzo. Definición de estrategias de mantenimiento para los activos críticos y semicríticos de una planta de producción de ácido sulfúrico, basado en la metodología de análisis de criticidad [tesis]. Colombia. Universidad Industrial de Santander. 2017. Disponible en: <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/37989/1/169615.pdf>
  18. Garden Centerejea. Todo lo que debes saber sobre el fertilizante triple 15. [Internet]. 2020. [Citado el 16 febrero de 2020]. Disponible en: <https://blog.gardencenterejea.com/fertilizante-triple-15/>
  19. FAO. Agricultura sostenible Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Colombia- Guatemala; 2016.
  20. OPS. Toxicología. 2015. Disponible en: <https://www.paho.org/col/>
  21. Asela M, Suárez S, Palacio D. Efecto de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revepidemiologia*. 2014; 52 (3): 372-387.
  22. Aldrin Y Dieldrin, FAO 1995, OMS 2003. Disponible en: [http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/docs\\_quimicos/Aldrin\\_dieldrin.pdf](http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/docs_quimicos/Aldrin_dieldrin.pdf)
  23. Resúmenes de Salud Pública: Aldrín y dieldrín | PHS | ATSDR. Disponible en: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs1.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs1.html)
  24. Crop Science. Decis [internet]. España.: Bayern; 2015 [consultado 8 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.cropscience.bayer.es/Productos/Insecticidas/Decis-Evo.aspx>
  25. Amistar, Syngenta Ficha técnica. Disponible en: [https://www.syngenta.com.ar/sites/g/files/zhg331/f/amistar\\_etiqueta\\_0.pdf?token=14713](https://www.syngenta.com.ar/sites/g/files/zhg331/f/amistar_etiqueta_0.pdf?token=14713)
  26. TÉCNICA CHOLODNY ROSSI. Disponible en: <https://prezi.com/k25pm5dnejxf/tecnica-cholodny-rossi/>
  27. Pål O, Frode K, Beng F, Torstein K. Effects of the fungicide azoxystrobin on Atlantic salmon. *Science Direct [internet]*. 2010 [consultado 8 de marzo de 2020]; 73 (8): 1852-1861. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651310001673?via%3Dihub>
  28. Varona M, Henao G, Díaz S, Lancheros A, Murcia A, Rodríguez N, Álvarez V. Evaluación de los efectos del glifosato y otros plaguicidas en la salud humana en zonas objeto del programa de erradicación de cultivos ilícitos [internet]. 2009 [17 de octubre de 2019]. 29 (3). 456-475. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/843/84311689014.pdf>
  29. Resumen de Salud Pública: Clorpirifos (Chlorpyrifos) | PHS | ATSDR [Internet]. *Atsdr.cdc.gov*. 2019 [Acceso 17 de octubre

- de 2019]. Disponible en: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs84.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs84.html)
30. El Tiempo [Internet]. Insecticidas salen del mercado por ineficaces. 2002. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1314489>
31. ICA. Registro de venta de plaguicidas químicos de uso agrícola. 2019; 1- 54.
32. RAP-AL. Plaguicidas, Furadan. 2017; 1.
33. Molano Y, García P. Evaluación del riesgo ambiental asociado a la toxicidad del carbofurano en una finca productora de lechuga del municipio de Madrid, Cundinamarca [Tesis]. Universidad de la Salle; 2016.
34. OMS. Salud según la OMS. 1946. Disponible en: <https://www.who.int/es>
35. Zuluaga M, Robledo S, Osorio Zuluaga GA, Yathe L, Gonzalez D, Taborda G. Metabolómica y Pesticidas: Revisión sistemática de literatura usando teoría de grafos para el análisis de referencias. NOVA [Internet]. 15 de junio de 2016 [citado 7 de marzo de 2020]; 14(25):121-38. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/1735>
36. INS. Intoxicaciones por sustancias químicas, Colombia, 2017. Minsalud. [Internet]. 20 de abril de 2018 [citado 7 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesevento/INTOXICACIONES%202017.pdf>
37. del Puerto Rodríguez Asela M, Suárez Tamayo Susana, Palacio Estrada Daniel E. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. Rev Cubana Hig Epidemiol [Internet]. 2014 Dic [citado 2020 Mar 07]; 52(3): 372-387. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032014000300010&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010&lng=es)
38. Chetan D, Hagera B, Hareram S, Surya P. Regulatory barriers to Agricultural Research commercialization: A case study of biopesticides in India 2019. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201900367783>
39. Keswani, Chetan Dilnashin, Hagera Birla, Hareram Singh, Surya Pratap Regulatory barriers to Agricultural Research commercialization: A case study of biopesticides in India 2019, [Citado 22 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201900367783>
40. Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial - PDET. Corte constitucional. República de Colombia. 2017. Disponible en: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2017/C-730-17.htm>
41. Minagricultura, Colombia y varios países europeos buscan estrategias de cooperación para desarrollar un agro sostenible. Red de comunicaciones .2018. Disponible en: <https://www.minagricultura.gov.co/>

- noticias/Paginas/colombia-y-varios-pa%C3%ADses-europeos-buscan-estrategias-de-cooperaci%C3%B3n-para-desarrollar-un-agro-sostenible.aspx
42. Política Nacional Producción y Consumo Sostenibles 2018-2030. Ministerio de Planeación nacional y Política económica, gobierno de Costa Rica. [Internet]. Marzo 2018, [citado 7 de marzo de 2020]. Disponible en: [http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/politica\\_nacional\\_produccion\\_consumo\\_sostenibles.pdf](http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/politica_nacional_produccion_consumo_sostenibles.pdf)
  43. Plan Nacional de Negocios Verdes, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. República de Colombia. [Internet]. 2014, [citado 7 de marzo de 2020]. Disponible en: [https://www.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesy-sostenible/pdf/plan\\_de\\_negocios\\_verdes/Plan\\_Nacional\\_de\\_Negocios\\_Verdes.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesy-sostenible/pdf/plan_de_negocios_verdes/Plan_Nacional_de_Negocios_Verdes.pdf)
  44. ICA. Manejo integrado de plagas en el cultivo del caucho. Colombia: implementa estrategia para mitigar daño causado por el Picudo Negro a cultivos de chontaduro. [Internet]. 2017, [citado 7 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/noticias/agricola/ica-implementa-estrategia-para-mitigar-dano-causad>
  45. Corrales Ramírez L, Caycedo Lozano L, Gómez Méndez M, Ramos Rojas S, Rodríguez Torres J. Bacillus spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. NOVA [Internet]. 2017 [citado 7 de marzo de 2020]; 15(27):45-65. Disponible en: <https://revistas.uni-colmayor.edu.co/index.php/nova/article/view/588>
  46. Moreno Reséndez Alejandro, Carda Mendoza Verónica, Reyes Carrillo José Luis, Vásquez Arroyo Jesús, Cano Ríos Pedro. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. Rev. colomb. biotecnol [Internet]. 2018 [citado 7 de marzo de 2020]; 20(1): 68-83. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-34752018000100068&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752018000100068&lng=en)
  47. Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial del Departamento de Quindío. UT CAEM-E3 (consultor). Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. [Internet]. Dic.2016 [citado 8 de marzo de 2020]; Disponible en: [https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/aproximacion\\_\\_al\\_territorio/QUINDIO.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/aproximacion__al_territorio/QUINDIO.pdf)
  48. Eduardo Chilón Camacho. Revolución Verde Agricultura y suelos, aportes y controversias. Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica – UMSA [Internet]. Dic. 2017 [citado 7 de marzo de 2020]; 15(27):45-65. Disponible en: [file:///C:/Users/BIBI/Downloads/174-626-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/BIBI/Downloads/174-626-1-PB%20(1).pdf)
  49. Br: Kleyla Karina, Huerta Sobalvarro, Br:

- Ayda Lina, Martínez Centen. la revolución verde. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático. [Internet]. 15 nov.2018 [citado 7 de marzo de 2020]; 4(8):1040 -1052. Disponible en: file:///C:/Users/BIBI/Downloads/La\_revolucion\_verde.pdf
50. Niurka MenesesMoreno. Agrohomeopatía como alternativa a los agroquímicos. Revista Médica de Homeopatía [Internet]. Enero- abril 2017 [citado 7 de marzo de 2020]; 10(1): 9 -13. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1888852617300048>