

CAPITULO 8

Estrategias de Agricultura Sostenible en Cultivos de Papa Diploide (*Solanum phureja* Juz. et Buk.)

Lena Carolina Echeverry Prieto,¹ Ana Magdalena Garnica Holguín,²
Daniel Guillermo García González,³ María del Socorro Cerón Lasso⁴

Resumen

En el desarrollo de alternativas limpias y sostenibles para el cultivo de papa diploide (*Solanum phureja* Juz. et Buk.) en el Departamento de Cundinamarca (Colombia), se llevaron a cabo experiencias participativas con el fin de preparar y aplicar biopreparados y enmiendas orgánicas para el proceso de mineralización incrementando el contenido de macro y de micronutrientes, el acondicionamiento del suelo y la reducción de agroquímicos en los planes de manejo de plagas y enfermedades, en particular, para la gota (*Phytophthora infestans*) y la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*). En el marco de una agricultura sostenible, primero, los agricultores prepararon 4 purines y 4 caldos con diferentes funciones tanto fungicidas como insecticidas para aplicar al cultivo con reducción de aplicaciones de agroquímicos. Segundo, en los Municipios de Granada y Sibaté se hizo seguimiento en la disminución de aplicaciones de agroquímicos a plaguicidas de poca peligrosidad junto con bioplaguicidas resultantes de fermentaciones con hongos naturales del suelo. Adicionalmente, los productores líderes realizaron la fabricación comunitaria de abonos orgánicos con los residuos generados en los predios del cultivo y con fines de comercialización. También, los agricultores experimentaron y comprobaron el beneficio de la siembra de abonos verdes para la sostenibilidad del suelo debido a que se logró el aumento de algunos nutrientes necesarios como: nitrógeno, potasio y fósforo. Todas estas experiencias demostraron que la capacidad productiva del suelo se puede mejorar mientras se afianza la sostenibilidad ambiental del sistema productivo.

Palabras Clave: abonos, agricultura alternativa, productos biológicos, educación agraria, buenas prácticas agrícolas.

-
- ¹ Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá - Docente Investigadora invitada.
² Universidad de La Salle, Bogotá – Colombia.
³ Corporación para el Desarrollo Participativo y Sostenible de los Pequeños Productores Rurales - Corporación PBA. Colombia.
⁴ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca-Colombia.



Abstract

In the development of clean and sustainable alternatives for the crop of diploid potato (*Solanum phureja* Juz. et. Buk.) in Departamento de Cundinamarca (Colombia), participatory experiences were carried out in order to prepare and apply bio-preparations and organic amendments for mineralization process by increasing the content of macro and micronutrients, soil conditioning, and reduction of agrochemicals in pest and disease management plans, particularly for potato late blight (*Phytophthora infestans*) and potato Guatemalan moth (*Tecia solanivora*). In the frame of one sustainable agriculture, first, farmers prepared 4 slurries and 4 mineral broths with different functions as fungicides and insecticides to apply to the crop with reduction of agrochemical applications. Second, in Municipios de Granada and Sibaté, monitoring was carried out on reduction of agrochemical applications to slightly hazardous pesticides together with biopesticides resulting from fermentations with natural soil fungi. Additionally, leading farmers carried out the community manufacture of organic fertilizers with the waste generated on the farms and for marketing purposes. Also, farmers experienced and verified the benefit of sowing green manures for sustainability of the soil due to the increase in some necessary nutrients such as: nitrogen, potassium, and phosphorus. All these experiences demonstrated that the productive capacity of the soil can be improved while the environmental sustainability of the productive system is strengthened.

Keywords: fertilizers, alternative agriculture, biological products, agricultural education, good agricultural practices.

Introducción

La riqueza biológica de Colombia es una gran oportunidad para la agricultura como centro de recursos genéticos, por consiguiente, es menester el mejoramiento de sus variedades para establecer semillas de alta calidad, como su conservación y uso sostenible. Y de la mano, está la producción orgánica de dichos cultivos como compromiso con el medio ambiente y con el desarrollo de la agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La agricultura



orgánica, es una herramienta para conseguir procesos agrícolas sostenibles, porque se basa en prácticas fitosanitarias y de producción a partir de productos y procesos naturales, con el objetivo de generar producciones limpias, con calidad nutricional, que no causen problemas a la salud y preserve el medio ambiente, los recursos naturales y la biodiversidad (Adhya, et al., 2018; Thakur, et al., 2022; Verma et al., 2020).

Tradicionalmente se ha empleado agroquímicos para el control de plagas y enfermedades en los cultivos agrícolas, los cuales se clasifican de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020), por el grado de peligrosidad en las categorías: sumamente peligroso (Ia), muy peligroso (Ib), moderadamente peligroso (II), poco peligroso (III) y poco probable que presente un peligro agudo (U ó IV). Esta clasificación la aplica actualmente el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para el registro nacional de plaguicidas. Anteriormente, se clasificaban en categorías toxicológicas, así: I extremadamente tóxicos, II altamente tóxico, III medianamente tóxico y IV ligeramente tóxicos (Ministerio de Salud, 1991, 1992) y aún, hoy en día, algunos productores emplean esta última clasificación.

Los productores de papa diploide utilizan comúnmente insumos que pertenecen a las categorías muy peligroso o alta toxicidad y moderadamente peligroso o tóxico, y en casos excepcionales, algunos productores usan insumos sumamente peligrosos o de extrema toxicidad (Correal, 2009); aunque las disposiciones del ICA (2003) sobre el control de los plaguicidas químicos de uso agrícola han conducido a la reducción del empleo de insumos tóxicos. Además, este tipo de sustancias maneja grandes volúmenes de agua para su preparación, ocasionando la contaminación química del suelo por la acumulación de sustancias tóxicas y afectando la calidad del agua superficial y subterránea de los cultivos (Federación Colombiana de Productores de Papa [Fedepapa], 2004).



Esto conlleva a la destrucción de la biodiversidad por el alto nivel de contaminación con el uso indiscriminado de agroquímicos en una agricultura intensiva, la pérdida de servicios ecosistémicos y el aumento y/o aparición de problemas de salud en animales y seres humanos por su persistencia y bioconcentración (Alfonso y Toro, 2010; Guzmán-Plazola et al., 2016; Torres y Capote, 2004). Por ello, se debe trabajar en el marco de la sustentabilidad y la tendencia mundial que busca una agricultura más limpia, que afronte estas problemáticas y que responda a los retos de tipo: técnico, social, ambiental y económico, como ejes centrales en el manejo y conservación de los recursos naturales y el de salvaguardar la salud (Cárdenas y Vallejo, 2016).

La implementación de tecnologías que favorezcan el cuidado del cultivo de papa diploide y disminuyan la contaminación del medio ambiente durante el cultivo, son claves en la producción sostenible, como el uso de extractos de plantas con características fungicidas y plaguicidas que contribuyen al manejo integrado de enfermedades e insectos plagas, de fácil degradación, ya que se consideran limpios desde el punto de vista ambiental y no destruyen la vida silvestre, antes bien pueden favorecer en algunos casos el crecimiento de algunas plantas, reemplazando así el uso de compuestos químicos tradicionales que son conocidos por los efectos adversos que tienen sobre el medio ambiente, el ser humano y/o los animales y contribuyen a la fertilización de los suelos (Pszczolkowski y Sawicka, 2018). Igualmente, el uso de enmiendas verdes favorece la producción de cultivos en sistemas de manejo sostenible, reestablece la capacidad del suelo hacia la degradación física, mejora el funcionamiento del suelo con suministro de nutrientes, facilitan la absorción de nutrientes al aumentar la temperatura del suelo y a la vez, aportan beneficios a la textura del suelo con buena retención de agua (Delgado, 2017).

Los bioinsumos son una estrategia que busca disminuir el empleo de agroquímicos para combatir los problemas fitosanitarios, al ir reemplazando con el tiempo el uso de algunos químicos o trabajándolos en conjunto, y también una



herramienta en la disminución del impacto de cambio climático (Cavicchioli et al., 2019). Estos bioinsumos pueden prepararse con mezclas de desechos de la cosecha, material vegetal de cultivos específicos, de microorganismos y/o sus productos metabólicos, que pueden tener un carácter controlador de organismos macro y micro fitopatógenos, además que por su alto contenido de nutrientes se comportan como acondicionadores de suelos. También pueden tener una acción bioestimulante del crecimiento vegetal o de microorganismos beneficiosos presentes en la rizósfera⁵(Mamani de Marchese y Filippone, 2018).

Por lo anterior, un objetivo del estudio consistió en trabajar de manera directa con pequeños productores de papa diploide, del Departamento de Cundinamarca, con el fin de implementar algunos biopreparados en el cultivo para controlar el ataque de la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora* Povolny) y la enfermedad de la gota (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary). De igual manera, se emplearon con los biopreparados productos minerales de baja toxicidad con el propósito de mineralizar la planta en condiciones de estrés y mejorar así la producción del cultivo. Con respecto al manejo de enmiendas verdes se trabajó con Núcleos de Investigación Participativa con el objetivo de realizar planes de manejo integrado de plagas y enfermedades, disminución del uso de agroquímicos, acondicionamiento del suelo e implementación de abonos verdes.

De esta manera se aporta al ODS 2: Hambre Cero, de la Agenda de Desarrollo Sostenible, que hace alusión a poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria, la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible -ecosistemas saludables y adecuada gestión de los recursos naturales-, y el ODS 12: Producción y Consumo Responsables, que busca repensar la manera de producir los alimentos, mediante el desarrollo de nuevas tecnologías ecológicamente racionales que impliquen una menor huella ambiental (Food and Agriculture Organization [FAO], 2019).

⁵Zona localizada debajo de la superficie del suelo cerca al sistema radicular vegetal.



Metodología

Experiencia con Agricultores de Papa Diploide en el Manejo de Biopreparados

Con el apoyo financiero de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Cundinamarca, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica actualmente AGROSAVIA) realizó un proyecto titulado “Mejoramiento del proceso de producción de papa criolla para pequeños productores en el Departamento de Cundinamarca”, enfocado a la utilización de alternativas limpias para el manejo productivo de papa diploide que permitiera el cambio del manejo agronómico tradicional del cultivo a un manejo alternativo, promoviendo la conservación de los agroecosistemas frágiles, el recurso hídrico y la disminución de aplicación de pesticidas en el cultivo. También se contó con el apoyo de las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (Umata) de los Municipios de Zipaquirá, Subachoque, Granada, Sibaté y Une (Departamento de Cundinamarca, Colombia), para socializar a los productores la importancia del uso de bioplaguicidas en la prevención del insecto plaga conocido como polilla guatemalteca (*T. solanivora*) y la enfermedad denominada gota o tizón tardío (*P. infestans*).

Durante el desarrollo de la experiencia se capacitaron a los productores en las fincas sobre los diferentes procesos de preparación, manejo y uso de biopreparados más el uso de productos químicos de muy baja residualidad. La metodología de capacitación utilizada fue de tipo constructivista (Ortiz, 2015) puesto que fue un proceso de construcción personal de nuevos conocimientos a partir de los ya existentes en los productores, en cooperación con los compañeros y la instructora.

Se llevaron a cabo dos giras educativas, la primera en el Municipio de Zipaquirá y la segunda en el Centro de Investigación Tibaitatá de Corpoica, con el objetivo de dar a conocer las experiencias entre los agricultores participantes y los productores de papa diploide del Departamento de Cundinamarca.



En general con las giras educativas se buscó que los productores difundieran los conocimientos adquiridos en las capacitaciones e interactuaran con otros productores de diferentes municipios, para dinamizar el desarrollo comunitario y que ellos pudieran impartir sus conocimientos entre los agricultores vecinos de sus veredas y de los municipios para una agricultura más productiva y sostenible.

Se realizó la estimación de costos de los biopreparados recomendados, para que los agricultores tuvieran un referente de cuál es la inversión económica al elaborar los biopreparados, aunque muchos ingredientes pueden ser obtenidos fácilmente por el productor o pueden ser sembrados por él. Así mismo, el agua lluvia, el estiércol, el mantillo y la ceniza pueden ser obtenidos sin costo.

Experiencia con Agricultores de Papa Diploide en Procesos de Transformación Ambiental para un Manejo Sostenible del Suelo

Esta segunda experiencia, la Corporación PBA estableció espacios donde confluían las comunidades de agricultores de los Municipios de Granada y Sibaté para participar en procesos de evaluación, aprendizaje e innovación, denominados Núcleos de Investigación Participativa (NIP) (García et al., 2011) dentro de un proyecto marco titulado: Agricultura Sostenible y Competitiva de Papa Criolla (Piedrahita-López, 2012). Los NIP eran espacios para formación más apoyo técnico y fueron diseñados con el fin de implementar un manejo más sostenible en las zonas del cultivo de la papa diploide, así como, fomentar reducciones importantes en la inclusión de productos agroquímicos en el desarrollo del cultivo, como: herbicidas, insecticidas, fungicidas y coadyuvantes. Las actividades desarrolladas en los NIP establecidos se apoyaron con talleres participativos sobre la importancia del medio ambiente en el cultivo y sobre diagnósticos de problemas sostenibles del suelo.

Adicionalmente, en los talleres de identificación de problemas fitosanitarios se promovió la inclusión de un bioplaguicida proveniente de fermentación con hongos microscópicos procedentes del suelo, como control biológico en el plan de manejo integral de plagas y enfermedades para el cultivo



de papa diploide. Dicho plan lo elaboraron los agricultores de forma participativa revisando las etapas fenológicas del cultivo y además del control biológico, examinaron otros controles como: cultural, químico, de trampas y/o cebos y etológico. Con los productores se trabajó la manera de establecer el plan de manejo integrado para el cultivo, reconociendo que factor estaba interviniendo en el desarrollo de este, si era una plaga, una enfermedad o alguna condición climática desfavorable, para implementarlo de manera adecuada.

En otro NIP se organizaron los productores para la elaboración de abonos orgánicos en un espacio construido para tal fin con materiales residuales de sus predios. En la Vereda Carrizal (Municipio de Granada) se estableció un NIP y se sembró la variedad Criolla Colombia, 500 kg/ha con abonos verdes (avena forrajera) y se realizaron prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades aprendidas durante el transcurso de la investigación participativa.

Productos Logrados

Experiencia con Agricultores de Papa Diploide en el Manejo de Biopreparados

Zonas, Productores y Unidades Demostrativas de la Experiencia.

Se realizó el diagnóstico de las necesidades de capacitación de los productores de papa diploide luego de varias reuniones que permitieron comprender el entorno y el contexto de las comunidades productoras de este tubérculo. Esto permitió seleccionar cinco veredas del Departamento de Cundinamarca (una por municipio) con un total de setenta y seis (76) productores líderes de la producción de la papa diploide (Tabla 8.1). También se vincularon a las formaciones los integrantes de los núcleos familiares de los productores líderes, llegando así un total de 272 personas capacitadas.



Tabla 8.1

Productores de papa diploide capacitados en el uso de biopreparados en el Departamento de Cundinamarca

Municipio	Vereda	Productores Líderes
Zipaquirá	Venta Larga	12
Sibaté	San Miguel	13
Subachoque	El Guamal	16
Granada	El Carrizal	22
Une	El Salitre	13
Total		76

Nota. Resultados del proyecto financiado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Cundinamarca.

En la Figura 8.1 se evidencia la reunión introductoria con los productores líderes realizada en el Municipio de El Rosal (Departamento de Cundinamarca), en el cual participaron diferentes agricultores de los municipios invitados para la realización del trabajo de investigación.

Figura 8.1

Reuniones con productores de papa diploide en el Municipio de El Rosal



Nota. Fotografía de María del Socorro Cerón Lasso

Unidades Demostrativas para el Manejo del Cultivo de la Papa Diploide. Se establecieron tres unidades demostrativas (parcelas) de 1000 m² cada una, así:



- Primera unidad demostrativa con manejo tradicional del cultivo.
- Segunda unidad demostrativa con manejo racional de agroquímicos y de baja residualidad.
- Tercera unidad demostrativa con manejo y enfoque de alternativas limpias.

Para un solo ciclo de producción de papa diploide en la investigación participativa con los productores del Municipio de Une, se estableció un área de experimentación de 3000 m². En los Municipios de Zipaquirá, Subachoque, Granada y Sibaté se organizaron tres ciclos de producción con un área de 2000 m², de donde 1000 m² se dispuso con el manejo de alternativas limpias y 1000 m² bajo un manejo tradicional del cultivo y enfoque racional de agroquímicos.

Entre los municipios participantes se establecieron por cada ciclo de producción, un total de trece unidades demostrativas, en las que se utilizaron dos tamaños de semillas certificadas de papa diploide con diámetros entre 2,5 y 3,5 cm con distancias de siembra de 25 y 30 cm entre plantas. Cada 8 días se realizó el seguimiento y evaluación de las parcelas demostrativas, valorando variables vegetativas y reproductivas bajo la metodología de investigación participativa e integrando al núcleo familiar en este proceso. En la cosecha de los tubérculos se seleccionaron semillas entre de 2,5 a 3,0 cm de diámetro del tubérculo (tamaños pequeño y mediano de los tubérculos según Resolución ICA 3168 de 2015).

Procesos de Capacitación para la Preparación y la Aplicación de Biopreparados. En los procesos de capacitación se enseñó el uso y manejo de biopreparados (purines y caldos), conceptos generales de estos compuestos, así como los materiales a utilizar en cada uno de ellos. De igual manera, se estandarizaron las condiciones de extracción de cada una de las especies de plantas a utilizar en los biopreparados, tiempos y formas de aplicación, acorde a las etapas fenológicas de las plantas y se emplearon metodologías sencillas y fáciles de utilizar para su posterior implementación (Figura 8.2).



Figura 8.2

Preparación de biopreparados por parte de productores de papa diploide



Nota. Fotografías de María del Socorro Cerón Lasso

También, se hizo énfasis sobre las etapas críticas de vulnerabilidad en el cultivo, debido a las plagas y enfermedades que afectaban significativamente la producción y la calidad de las cosechas. Estas etapas fueron: el primer desyerbe e inicio de la floración hasta la culminación del ciclo del cultivo. Durante la investigación se realizaron 136 visitas de capacitación y seguimiento a las unidades demostrativas.

Los procesos de capacitación participativa promovieron el aprendizaje mediante la práctica lo que favoreció el empoderamiento del productor para la toma de decisiones que beneficiaran su desarrollo y su bienestar y el de sus familias además de probar nuevas alternativas al uso de productos químicos (Montes et al., 2011; Soto, 2020).

Manejo y Seguimiento de Aplicaciones en los Cultivos de Papa Diploide. Durante el primer ciclo del cultivo, desde que las plantas presentaron la edad de 45 días después de siembra hasta 20 días antes de la cosecha, la aplicación de los biopreparados se realizó cada 8 a 10 días dependiendo de la necesidad del cultivo en la prevención de la gota (*P. infestans*) y polilla guatemalteca (*T. solanivora*), dejando una rotación de 48 h, cuando se requería realizar la aplicación de dos biopreparados o un biopreparado y un producto químico. A la vez se impartieron semanalmente capacitaciones en la elaboración y aplicación de biopreparados.



En el segundo y tercer ciclo de producción, las capacitaciones impartidas y el seguimiento de las parcelas demostrativas, se llevaron a cabo cada 15 días por parte de los investigadores de AGROSAVIA, puesto que el conocimiento impartido sobre los procesos y procedimientos para la preparación, uso y manejo de los biopreparados y caldos orgánicos, ya habían sido adoptado por los agricultores. Es importante resaltar el grado de responsabilidad y el conocimiento que alcanzaron los productores líderes y los grupos familiares que participaron, en la realización de las extracciones de las plantas, manejo y uso, cumplimiento del cronograma de aplicaciones bajo normas y condiciones impartidas.

En todas las unidades demostrativas se realizó la inspección de las plantas (Figura 8.3) con los agricultores, permitiendo conocer las diferentes etapas del cultivo y que plagas y enfermedades pudieron atacarlas, de acuerdo con el tiempo de crecimiento de estas. Todo lo anterior se llevó a cabo en los diferentes eventos de capacitación impartidos y así mismo se procedió a realizar las preparaciones de los biopreparados y aplicaciones de estos, cada ocho días. Para el seguimiento y la evaluación de las parcelas o unidades demostrativas establecidas se involucró en la gran mayoría de los casos al núcleo familiar.

Figura 8.3

Inspección de plantas de papa diploide por los agricultores



Nota. Fotografía tomada por Yaquelin Molina Cita



Rendimientos de Producción en Unidades Demostrativas. Las cosechas en las unidades demostrativas se realizaron entre 110 a 120 días para evitar el deterioro de la calidad del tubérculo dirigido a la venta, revisando la fijación y textura de la piel del tubérculo. Como las variedades de papa diploide no tienen período de reposo, al momento de la cosecha se realizó la clasificación de esta, separando los tubérculos por tamaños, los tubérculos sanos de aquellos atacados por plagas y/o enfermedades. Se les recomendó a los agricultores no lavar el tubérculo para evitar la formación rápida de brotes, los cuales inician su formación antes de cumplir una semana después de la cosecha.

Por cada unidad demostrativa se llevaron a cabo dos eventos de capacitación en el manejo de cosecha y poscosecha. Además, se realizaron once días de campo durante las cosechas de cada una de las unidades demostrativas, en los cuales los asistentes a los eventos observaron calidad, producción y rendimiento. Los promedios de la producción por cada una de las unidades demostrativas evaluadas en la investigación se relacionan en la Tabla 8.2 por municipio del Departamento de Cundinamarca. Además, se observa el tratamiento en las parcelas con manejo de alternativas limpias, manejo de uso racional de agroquímicos y manejo tradicional del cultivo.

Tabla 8.2

Rendimientos de producción para las unidades demostrativas

Municipios	Parcela Tratamiento	Área sembrada	Semilla utilizada	Producción neta	Producción afectada	Afectación por		Rendimiento por semilla	Rendimiento por área de 10000 m ²
		m ²	kg	kg	kg	Polilla	Gusano blanco	kg	kg/ha
Sibaté	Bioplaguicidas	1.000	75	1.800	30	x	-	24,0	20.000
	Uso racional agroquímicos	1.000	75	1.700	30	x	-	22,7	18.888,9
Zipaquirá	Bioplaguicidas	900	75	1.650	125	-	x	22,0	18.333,3
	Uso racional agroquímicos	900	75	1.600	687,5	-	x	21,3	17.777,8
Subachoque	Bioplaguicidas	900	75	1.325	62	x	-	17,2	14.722,2
	Uso racional agroquímicos	900	75	1.300	62	x	-	17,3	14.444,4
Granada	Bioplaguicidas	700	52,5	927,5	32	x	-	16,5	15.800,3
	Uso racional agroquímicos	700	52,5	450	92	x	-	15,4	14.540
Une	Bioplaguicidas	1.000	87,5	24	0	x	-	No se cuantificó	No se cuantificó
	Uso racional agroquímicos	1.000	87,5	2.400	0	x	-	27,43	24.000
	Manejo tradicional	1.000	162,5	2.280	0	x	-	14,03	22.800

Nota. Resultados del proyecto financiado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Cundinamarca.



En la unidad demostrativa del Municipio de Granada para el primer ciclo se trabajó en un área más pequeña, en su periodo vegetativo se presentó helada y la planta no expresó el vigor de la variedad utilizada. Adicionalmente, en el Municipio de Une, para el manejo con alternativas limpias, en el inicio de floración los agricultores no pudieron hacer aplicaciones cada ocho días resultando un ataque severo de gota perjudicando el área foliar de las plantas por lo cual sus rendimientos no se cuantificaron. En la Tabla 8.2 se observa también que en el Municipio de Subachoque se presentaron rendimientos de papa diploide por área de 1000 m² muy similares, sin importar el uso de bioplaguicidas o el uso racional de agroquímicos. Así mismo se encontró que en el Municipio de Une los rendimientos de producción limpia (bioplaguicidas) son similares a los obtenidos en cultivos de manejo tradicional como lo corrobora Santamaria et al. (2010).

Es importante resaltar la priorización de emplear tratamientos biológicos antes de cualquier otra alternativa química de síntesis en el manejo integrado de plagas (Bernal, 2010). Según Santos et al. (2018), los bioplaguicidas no dejan residuos tóxicos y hay menos probabilidad de que induzcan las plagas a resistencia, con respecto a lo ocurrido en las aplicaciones de agroquímicos.

Giras Educativas. La primera gira permitió conocer las experiencias entre los agricultores de las cuatro asociaciones de productores y participantes en la investigación. El número de asistentes en la primera gira realizada en el Municipio de Zipaquirá fueron cuarenta y dos (42). En la segunda gira los asistentes fueron setenta y dos (62) productores de papa diploide y seis (6) profesionales de otras instituciones aliadas. Las asociaciones presentaron sus experiencias ante los asistentes sobre las capacitaciones y la formación adquirida durante la ejecución de la investigación; además, los agricultores conocieron el quehacer investigativo de Corpoica en ese momento, empresa que actualmente se denomina AGROSAVIA.



Biopreparados Recomendados para el Cultivo de Papa Diploide.

Los biopreparados que se prepararon y aplicaron en los cultivos de las unidades demostrativas durante la experiencia, se relacionan en la Tabla 8.3.

Tabla 8.3

Biopreparados utilizados en cultivo de papa diploide

	Biopreparado	Recomendación
Biofertilizante	Purín de ortiga	<ul style="list-style-type: none"> Con melaza: para estrés de las plantas por sequía aplicar posterior a heladas Con cola de caballo (<i>Equisetum bogotense</i> Kunth): para mineralización del cultivo
	Caldo supermagro	<ul style="list-style-type: none"> Favorece el vigor de la planta en su floración y llenado de frutos
	Caldo sulfocálcico	<ul style="list-style-type: none"> Favorece la formación de órganos subterráneos en la planta de papa diploide.
Bioinsecticida / Biorepelente	Purín de ajo-aji	Para tratar: <ul style="list-style-type: none"> Trips (<i>Frankliniella</i> sp.) Polilla guatemalteca (<i>Tecia solanivora</i> Povolny) Rhizoctoniasis (<i>Rhizoctonia solani</i>)
	Purín de ortiga y ajo Fungicida combinado (Plantas - compuestos químicos) Caldo bordelés	Para prevenir: <ul style="list-style-type: none"> Presencia de gota (<i>P. infestans</i> (Mont.) de Bary)
Biofungicida	Caldo ceniza	Para tratar: <ul style="list-style-type: none"> Hongos en hojas de manera generalizada

Nota. Elaboración a partir de PNUD (2015); IPES-RUAF-FAO (2010); FAO-MAG (2013); y resultados del proyecto financiado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Cundinamarca.

Los biopreparados fueron cuatro purines en fermentación y cuatro caldos. Para la elaboración de los purines se capacitaron a los agricultores en la ejecución del proceso general que consistió en: selección de plantas sanas, limpieza de impurezas con agua, corte de las plantas en trozos de 1 cm, maceración de las plantas, mezcla con los demás componentes de la formulación del biopreparado, agitación de la mezcla en un balde tapado con muselina posteriormente, fermentación de la mezcla 3 días como mínimo y hasta 15 días, agitación diaria, filtración con una tela o muselina y almacenamiento del biopreparado en un recipiente plástico tapado con costalillo o muselina para favorecer el ingreso del oxígeno. Para la preparación de los caldos, el proceso seguido fue: pesaje de las sustancias o de los compuestos



minerales, dilución, calentamiento, enfriamiento, filtración y almacenamiento. Para el caldo supermagro, no hubo calentamiento sino fermentación hasta 30 días (FAO-MAG, 2013; IPES-RUAF-FAO, 2010; Mediavilla, 2014; PNUD, 2015; Tencio, 2017).

A continuación, se describe la acción de los biopreparados evaluados participativamente con los productores de papa diploide.

Purín de Ortiga (*Urtica dioica* L.). Este biopreparado es un fungicida sistémico, es decir, la sustancia es absorbida por la planta a través del follaje o de las raíces y dentro de la planta, creando defensas contra las enfermedades (FAO-MAG, 2013). Según Restrepo (2007), el estiércol bovino aporta microorganismos (levaduras, hongos, protozoos y bacterias como el *Bacillus subtilis*) para que ocurra la fermentación y su microbiota se desarrolle de manera aeróbica (en presencia de oxígeno) y anaeróbica (sin presencia de oxígeno). Además, esta preparación aporta nitrógeno (N), potasio (K), vitaminas A y C, minerales, ácido fórmico, resina, histamina y flavonoides, entre otros compuestos, para revitalizar los cultivos (PNUD, 2015; IPES-RUAF-FAO, 2010).

Purín de Ortiga (*Urtica dioica* L.) y ajo (*Allium sativum* L.). Se recomienda aplicarlo para prevenir la presencia de gota (*P. infestans* (Mont.) de Bary). Cuando la planta entra en contacto con el extracto vegetal, este se absorbe, alterando su olor natural. El ajo al entrar en contacto con la enzima alinasa produce la alicina que se convierte en tiosulfatos que atacan el sistema nervioso de los insectos causando su alteración y confusión (Salazar y Betancourth, 2009).

Purín de Ajo (*Allium sativum* L.) – Ají (*Capsicum annum* L.). Este bioinsecticida ataca directamente a la plaga puesto que muere al entrar en contacto con el producto. El compuesto químico capsaicina del ají crea un efecto antialimentario, por el contacto o la ingestión del picante, altera el sistema nervioso central de las plagas. Esta mezcla tiene acción repelente, insecticida, nematocida, fungicida y bactericida (PNUD, 2015).

Fungicida Combinado (Plantas – Compuestos Químicos). El extracto de cola de caballo contiene hasta 10% de ácido salicílico lo cual le otorga propiedades fungicidas e insecticidas (Donaire y García, 2006). En el caso de la papa



diploide, para el control del tizón tardío o gota (*P. infestans* (Mont.) de Bary) se sugiere utilizar agentes fungistáticos puesto que inhiben la germinación de las esporas del hongo. Es importante señalar que estas sustancias son preventivas, por lo cual se deben aplicar antes de que aparezca la enfermedad en el cultivo.

Este biopreparado contiene la planta cola de caballo (*Equisetum bogotense* Kunth), ortiga (*Urtica dioica* L.) y otros compuestos, como la melaza o miel de purga que aporta la energía necesaria para potencializar el proceso de fermentación y algunos minerales como calcio, potasio, fósforo, boro, hierro, azufre, manganeso, zinc y magnesio; así como las sales minerales que nutren y fertilizan el suelo y las plantas (Restrepo, 2007).

Caldo Bordelés al 1%. El caldo bordelés o caldo mineral conocido también en algunas regiones como caldo de poda es una solución de sulfato de cobre y óxido de calcio (sulfato cuprocálcico o cobre metálico), fungicida y acaricida que actúa como repelente contra algunos coleópteros de la papa (IPES-RUAF-FAO, 2010). Controla hongos en general y se aplicó para el control de la gota (*P. infestans* (Mont.) de Bary) de la papa diploide.

Aunque la aplicación del caldo bordelés data de mediados del siglo XIX para el control de patógenos en los viñedos en Francia, investigadores reportan que la aplicación continua y en dosis altas podría acumular cobre en las capas superiores del suelo y afectar la actividad microbiana edáfica o producir efectos fitotóxicos en las plantas (Denaix et al., 2016).

Caldo de Ceniza. La ceniza proporciona minerales y elementos trazas. Las mejores cenizas son las que se originan a partir de gramíneas como cascarilla de arroz, bagazo de caña y maíz (Restrepo, 2007). Es un fungicida para control de hongos en hojas de la planta de papa diploide.

Caldo Supermagro. Utilizado para deficiencias de elementos menores, prevención de ataque de enfermedades en las hojas de las plantas pues favorece el vigor de la planta en su floración y llenado de frutos. Este caldo elaborado con sulfatos de zinc, hierro y magnesio más otros componentes, se aplica como biofertilizante puesto que promueve una mejor nutrición de la planta y por ello su resistencia a los ataques de insectos y enfermedades (Restrepo, 2007).



Caldo Sulfocálcico. Su principio activo es el mineralizado polisulfuro de calcio, que detiene el crecimiento foliar en la planta y favorece la formación de órganos subterráneos en la planta de papa diploide. Además de actuar como biofertilizante, controla enfermedades causadas por hongos en el cultivo (Restrepo, 2007).

Aplicación de los Purines en Cultivo de Papa Diploide. En los ensayos con los agricultores, la aplicación de los purines constó de las siguientes etapas: alistamiento del purín y del *Aloe vera*, adición del *Aloe vera* más aumento del volumen del purín, agitación y aplicación del biopreparado al cultivo (Figura 8.4). Para la dilución del biopreparado se manejó la relación 1:10, es decir, 1 L de biopreparado se llevó a 10 L diluidos. Así mismo, la FAO-MAG (2013) recomiendan diferentes relaciones de dilución de acuerdo con el tipo de biopreparado a emplear en un cultivo.

Figura 8.4

Proceso general de aplicación de los purines en el cultivo de papa diploide



Nota. Imágenes tomadas de Canva (<https://www.canva.com/>)



Se adicionó *Aloe vera* a la preparación porque se ha reportado que contiene 200 compuestos activos, como saponinas, enzimas, flavonoides, ácido salicílico, grasas solubles, vitaminas hidrosolubles y compuestos fenólicos. También alrededor de 75 nutrientes. Además, se ha descrito en la literatura su capacidad antibacteriana y antifúngica de varios fitopatógenos como *Fusarium* sp. *Sclerotinia* sp. y *Aspergillus* sp. (Ahmad et al., 2018; Chowdhary, y Sharma, 2019; Dammak, et al., 2018; Danish et al., 2020). Confiriéndole un valor agregado al bioproducto para controlar el hongo de la gota en los cultivos de papa diploide.

León et al. (2013) reportaron como tres purines controlaron la gota en cultivo de papa diploide en un municipio del Departamento de Cundinamarca. Dichos purines tuvieron evaluación en invernadero y en *in vitro*. Además, mostraron la proyección de optimizar el coadyuvante para asegurar su éxito sobre *P. infestans*. También es importante continuar con estudios sobre las frecuencias de aplicación de los biopreparados en cultivos de papa diploide para establecer recomendaciones de uso. Así mismo, se recomienda para los caldos mineralizados analizar la residualidad del cobre en los tubérculos y suelos debido a que se conoce que altas concentraciones de este compuesto cambia el funcionamiento biológico del suelo (Gómez y Agudelo, 2006; Mediavilla, 2014; Pro-Mix, 2021). Y, adicionalmente, se recomienda estudiar el sabor, el color, la composición nutricional y el estado microbiológico de los tubérculos para garantizar su inocuidad al consumidor luego de la utilización de biopreparados.

Estimación de Costos de los Biopreparados Recomendados.

Muchos de los ingredientes biológicos como es el caso de las plantas pueden ser obtenidos fácilmente por el productor o pueden ser sembrados por él. Así mismo, el agua lluvia, el estiércol, el mantillo y la ceniza pueden ser obtenidos sin costo. Sin embargo, para dar una idea al lector del costo por litro de los biopreparados, se realizó una estimación de precios para todos los ingredientes (Tabla 8.4). Los costos estimados se realizaron con los precios comerciales en pesos colombianos (COP) que tienen las plantas, con el costo del agua que fue asumido por el valor del metro cúbico



del consumo domiciliario básico estrato medio del Municipio de Subachoque y con el valor del estiércol que fue relacionado por el valor del estiércol bovino comercial. Para el valor de la ceniza al no encontrar un valor comercial se relacionó con el valor de la leña, de la cual se puede obtener este ingrediente.

Tabla 8.4

Estimación de costos de biopreparados recomendados para productores de papa diploide

Biopreparados	Función	Costo por litro de preparación (COP/L)
Ortiga	Fertilizante	3.960
Ajo - Ají	Insecticida	6.450
Ortiga - Ajo	Fungicida	3.308
Fungicida combinado	Fungicida	1.872
Caldo ceniza	Fungicida	11.523
Caldo bordolés	Fungicida	1.399
Caldo sulfocalcico	Fertilizante	4.088
Caldo supermagro	Fertilizante	4.773

Nota. Elaboración propia a partir de costos estimados en pesos colombianos con precios de ingredientes del año 2022.

Los bioinsumos permiten disminuir los costos en la producción agrícola, reemplazar los químicos de uso agrícola tradicional, mejorar la calidad del suelo y aumentar el rendimiento de los cultivos como controlar plagas y enfermedades. Con la gran biodiversidad vegetal y microbiana que posee Colombia es una línea de investigación que debe seguirse trabajando para tener biotecnologías limpias, de fácil acceso y contribuyan con la disminución del efecto de cambio climático.

Experiencia con Agricultores de Papa Diploide en Procesos de Transformación Ambiental para un Manejo Sostenible del Suelo

A continuación, se presenta otra experiencia con los agricultores de papa diploide del Departamento de Cundinamarca, para un manejo más sostenible del ambiente junto con prácticas que contribuyen a mejorar las condiciones de los suelos de los cultivos.



Control Biológico de Plagas y Enfermedades. En la Tabla 8.5 se observan los registros del NIP y como se manejaba antes las aplicaciones de plaguicidas comerciales en el cultivo en la vereda Santa Fe del Municipio de Granada. Además, en la Tabla 8.5 se aprecia que comúnmente realizaban doce aplicaciones de agroquímicos por los agricultores con inclusión de productos de categorías de peligro Ib, II y III. Como resultado de esas prácticas en las veredas, se puede apreciar en la Tabla 8.6 que las aplicaciones de agroquímicos disminuyeron a siete, con una reducción del 41,7% por hectárea y se utilizaron más productos poco peligrosos (categoría III). En este NIP se cosecharon 12,1 t/ha de tubérculos de papa diploide con menos aplicaciones de agroquímicos.

Aunque se logró reducir el número de aplicaciones de plaguicidas comerciales en la mayoría de los NIP y en los cultivos de los agricultores participantes, en el último NIP establecido específicamente para la producción de semilla básica de papa diploide, se presentaron condiciones no favorables de clima como exceso de lluvias, lo que condujo a repetir las aplicaciones para el control de gota (*P. infestans*), y así, el número total de aplicaciones para todo el ciclo del cultivo fueron nueve (Tabla 8.7) con respecto al modelo presentado anteriormente de siete aplicaciones (Tabla 8.6).

En la Tabla 8.7 se observa que, para un manejo más amigable con el medio ambiente, se aplicaron plaguicidas comerciales de categoría de peligro III (88,89%) y fueron suministrados con éxito en el cultivo. También se resalta la utilización de productos nuevos con ingredientes activos de tipo biológico o bioplaguicida (11,11%) en la quinta aplicación, procedente de una fermentación enzimática con hongos: *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces* sp., disminuyendo aún más la categoría toxicológica de los productos utilizados. Bautista et al. (2018) reportaron que los bioplaguicidas son obtenidos en procesos de fermentación por hongos procedentes del suelo y compuestos de proteínas, metabolitos secundarios y enzimas procedentes extracelularmente. Algunos metabolitos secundarios ofrecen actividad biocontroladora y por esta razón, la investigación sobre agentes de control biológico ha aumentado en los últimos años ante el retiro de productos muy tóxicos o peligrosos (UTZ, 2015).



Tabla 8.5

Productos agroquímicos aplicados en un ciclo de papa diploide antes de la investigación participativa

Aplicación	Fecha (días)	Componentes activos aplicados*	Función	Dosis por caneca	Categoría Peligro**
1	0	Metribuzina	Herbicida	Sin dato	III
2	10	Deltametrina	Insecticida	100 cm ³	II
		Cimoxanilo y Mancozeb	Fungicida	50 g	III
3	6	Deltametrina	Insecticida	100 cm ³	II
		Cimoxanilo y Mancozeb	Fungicida	50 g	III
4	5	Deltametrina	Insecticida	100 cm ³	II
		Cimoxanilo y Mancozeb	Fungicida	50 g	III
5	5	Dimetomorfo	Fungicida	120 g	III
		Mancozeb	Fungicida	1 kg	III
		Deltametrina	Insecticida	Sin dato	II
		Alcohol etoxilado y Polioxietilen alquil éter	Coadyuvante	1 L	IV
6	2	Deltametrina	Insecticida	100 cm ³	III
		Cimoxanilo y Mancozeb	Fungicida	50 g	III
7	6	Alcohol etoxilado y Polioxietilen alquil éter	Coadyuvante	1 L	IV
		Mancozeb	Fungicida	1 kg	III
		Lambda cihalotrina	Insecticida	1 L	II
		Propineb y Cymoxanil	Fungicida	1 kg	III
8	9	Mancozeb	Fungicida	1,5 kg	III
		Propineb y Cymoxanil	Fungicida	1 kg	III
9	10	Mancozeb	Fungicida	1,5 kg	III
		Propineb y Cymoxanil	Fungicida	1 kg	III
10	3 y 4	Bifentrina	Insecticida	Sin dato	Ib
11	8	Mancozeb	Fungicida	1,5 kg	III
		Propineb y Cymoxanil	Fungicida	1 kg	III
12	12	Mancozeb	Fungicida	1,5 kg	III
		Propineb y Cymoxanil	Fungicida	1 kg	III

Nota. *El ICA permanentemente reevalúa los componentes de los plaguicidas por lo cual se recomienda revisar cuales se autorizan para las aplicaciones (ICA, 2014).

**OMS (2020). Código de colores se observa en las Tablas 8.6 y 8.7.



Tabla 8.6

Disminución de aplicaciones de productos agroquímicos a un ciclo de papa diploide en la investigación participativa con agricultores

Aplicación	Fecha (días)	Componentes activos aplicados	Función	Dosis por caneca	Cantidad canecas / aplicación	Categoría Peligro*
1	0	Glifosato	Herbicida	1 L	0,5	III
2	11	Lambda cihalotrina y Thiamethoxam	Insecticida	2 cm ³	0,5	II
		Metalaxil-M y Mancozeb	Fungicida	1 kg		III
3	15	Metalaxil-M y Mancozeb	Fungicida	1 kg	0,5	III
		Propineb y Cymoxanil	Fungicida	0,5 kg		III
		Coadyuvante	Coadyuvante	300 cm ³		IV
4	21	Propineb y Cymoxanil	Fungicida	0,5 kg	0,5	III
		Lambda cihalotrina y Thiamethoxam	Insecticida	200 cm ³		II
		Coadyuvante	Coadyuvante	300 cm ³		IV
5	10	Propineb y Cymoxanil	Fungicida	0,5 kg	1	III
		Dimetomorfo	Fungicida	0,5 kg		III
6	9	Dimetomorfo	Fungicida	0,5 kg	0,8	III
		Mancozeb	Fungicida	0,5 kg		III
7	15	Lambda cihalotrina y Thiamethoxam	Insecticida	150 cm ³	0,8	II
		Acefato	Insecticida	0,5 kg		III

Color	Peligrosidad
Ia	Sumamente peligroso
Ib	Muy peligroso
II	Moderadamente peligroso
III	Poco peligroso
IV	Poco probable que presente un peligro agudo

Nota. *OMS (2020).



Tabla 8.7

Aplicaciones de productos agroquímicos a un lote de producción de semilla básicas de papa diploide en un ciclo con agricultores

Aplicación	Fecha (días)	Componentes activos aplicados	Función	Dosis por caneca	Cantidad canecas / aplicación	Categoría Peligro*
1	0	Glifosato	Herbicida	1 L	1	III
2	6	Mancozeb	Fungicida	0,5 kg	1	III
		Propineb y Cymoxanil	Fungicida	0,5 kg		III
3	6	Mancozeb	Fungicida	0,5 kg	1	III
		Metalaxil-M y Mancozeb	Fungicida	0,5 kg		III
4	7	Propineb y Cymoxanil	Fungicida	1 kg	1	III
5	5	**Aminoácidos de fermentación enzimática y Oligoelementos	Bionsecticida	100 g	1	IV
6	3	Dimetomorfo	Fungicida	0,5 kg	1	III
7	8	Propineb y Cymoxanil	Fungicida	1,5 kg	1	III
8	9	Propineb y Cymoxanil	Fungicida	0,5 kg	1	III
		Mancozeb	Fungicida	0,5 kg		III
		Dimetomorfo	Fungicida	0,5 kg		III
9	15	Propineb y Cymoxanil	Fungicida	0,5 kg	1	III
		Mancozeb	Fungicida	0,5 kg		III

Color	Peligrosidad
Ia	Sumamente peligroso
Ib	Muy peligroso
II	Moderadamente peligroso
III	Poco peligroso
IV	Poco probable que presente un peligro agudo

Nota. *OMS (2020).

**Este biopreparado microbiano procedió de una fermentación de los hongos *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces sp.*, los cuales habitan en el suelo y actúan como parásitos de las plagas reduciendo su población en el cultivo.



La reducción y la racionalización del uso de plaguicidas y la utilización de técnicas alternativas como el control biológico con bioplaguicidas, las prácticas culturales, el uso de trampas de feromonas, atrayentes, repelentes o cualquier otro método que no deteriore el medio ambiente y contribuya a reducir las poblaciones de plagas a nivel no perjudiciales, hacen parte de un plan de manejo integrado de plagas y enfermedades. Adicionalmente, los agricultores de papa diploide aprendieron que antes de establecer un plan era necesario conocer que factor está interviniendo en el desarrollo del cultivo para implementar el manejo adecuado sobre plagas y enfermedades (Figura 8.5).

Figura 8.5

Manejo de trampas para plagas del cultivo de papa diploide por agricultores



Nota. Fotografía tomada en la investigación participativa orientada por la Corporación PBA.

Plan de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades Ajustado a las Condiciones Locales. La papa es atacada por un gran número de insectos, plagas y enfermedades que afectan la producción, dañan la calidad y demeritan el producto. Los daños más importantes por insectos-plagas se manifiestan en épocas con condiciones de baja precipitación y con elevadas temperaturas, sin embargo, cuando se presenta humedad relativa elevada, es decir, un alto contenido de humedad en el aire esto incrementa la proliferación de hongos que también afectan el cultivo.



En cuanto a la mitigación y el control de *Rosellinia* sp., el cual es un hongo saprófito facultativo habitante natural del suelo, que puede afectar y causar enfermedades en las plantas, los agricultores acordaron realizar prácticas más apropiadas antes de la siembra, como: usar semilla sana, evitar sembrar en suelos infestados, mejorar el drenaje de los suelos y así evitar la acumulación de agua, realizar rotaciones de cultivo con plantas que no sean susceptibles, mantener el lote limpio de material leñoso y libre de malezas, quemar todos los residuos de plantas infectadas. Además, se aconsejó la aplicación de cal al momento de la siembra como parte del control de este hongo (Kuhar et al., 2013).

Las actividades desarrolladas en los NIP con los agricultores para los planes de manejo integrado de plagas y enfermedades dieron como resultado el establecimiento de un plan diseñado participativamente por los productores (Tabla 8.8) de una forma más racional, económica y ambientalmente sostenible de producción de papa diploide en los Municipios de Sibaté y Granada del Departamento de Cundinamarca (Piedrahita-López, 2012). En este plan se consideraron la aplicación de controles: cultural, químico, biológico, con trampas y/o cebos y etológico durante las diferentes cinco etapas del cultivo, comenzando con la formación de la plántula, su desarrollo, el crecimiento (tuberización), la producción y finalmente la madurez fisiológica para su cosecha. Así mismo, determinaron que hacer antes de iniciar la siembra. Es importante resaltar, la aceptación de los agricultores para la aplicación de bioplaguicidas procedentes de hongos propios del suelo como control biológico (color verde). También identificaron las plagas y cuales prácticas de manejo integrado se debían realizar. Para facilidad de lectura del plan y de aplicación de este, se establecieron participativamente un código de colores.



Tabla 8.8

Manejo integrado de las principales plagas y enfermedades del cultivo de papa diploide bajo los grupos NIP

Plaga	Prácticas de manejo integrado	Aplicación	Etapa del cultivo					
			C1	C2	C3	C4	C5	
Gusano blanco de la papa (<i>Premnotrypes vorax</i> y <i>Naupactus</i> sp)	Cultivos trampa, trampas de caída.	En todo el cultivo.						
Gusano blanco de la papa (<i>Premnotrypes vorax</i> y <i>Naupactus</i> sp)	Aplicación de insecticida foliar comercial: 2 al cultivo trampa y una al cultivo de principal.	Aspersión a la base de la planta, inyección con lanza desarrollada en el proyecto.						
Gusano blanco de la papa (<i>Premnotrypes vorax</i> y <i>Naupactus</i> sp)	<i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i>	Aspersión a la planta y al suelo. Protección de semilla.						
Tostón, mosco o entretelado (<i>Lyriomyza quadrata</i> , <i>Lyriomyza huidobrensis</i>)	Trampas amarillas pegajosas.	Todo el cultivo.						
Tostón, mosco o entretelado (<i>Lyriomyza quadrata</i> , <i>Lyriomyza huidobrensis</i>)	Varietades resistentes, rotación de cultivos, épocas de plantación, eliminación de rastrojos y malezas, selección de cultivos adyacentes y optimización del riego y la fertilización.	Durante todo el cultivo.						
Tostón, mosco o entretelado (<i>Lyriomyza quadrata</i> , <i>Lyriomyza huidobrensis</i>)	Aplicación insecticida foliar químico comercial.	Aspersión a la planta.						
Polilla Guatemalteca (<i>Tecia solanivora</i>)	Rotación de cultivos, siembra de semilla sana, aporque adecuado, recolección de residuos de cosecha, cosecha oportuna.	Durante todo el cultivo.						
Polilla Guatemalteca (<i>Tecia solanivora</i>)	Uso de feromonas.	Durante todo el cultivo.						
Polilla Guatemalteca (<i>Tecia solanivora</i>)	<i>Baculovirus phthorimaea</i>	Aspersión a la semilla.						
Polilla Guatemalteca (<i>Tecia solanivora</i>)	Almacenamiento bajo luz directa.	Cuarto poscosecha.						
Polilla Guatemalteca (<i>Tecia solanivora</i>)	Aplicación plaguicida, insecticida foliar e insecticida de amplio espectro químicos comerciales.	Inyección con lanza.						

Nota. Seguimientos en investigación participativa con agricultores de los Municipios de Sibaté y Granada





Continuación de la Tabla 8.8

Plaga	Prácticas de manejo integrado	Aplicación	Etapa del cultivo				
			C1	C2	C3	C4	C5
Muques o comedores de follaje (<i>Copitarsia consueta</i> W. y <i>Pedidroma</i> sp H.)	Eliminación de residuos de cosecha, buena preparación de suelo, aporque alto, rotación de cultivos, semilla sana, control de malezas.	Durante todo el cultivo.					
Muques o comedores de follaje (<i>Copitarsia consueta</i> W. y <i>Pedidroma</i> sp H.)	Cebos tóxicos.	En la base del tallo.					
Muques o comedores de follaje (<i>Copitarsia consueta</i> W. y <i>Pedidroma</i> sp H.)	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Aspersión a la base del tallo.					
Muques o comedores de follaje (<i>Copitarsia consueta</i> W. y <i>Pedidroma</i> sp H.)	<i>Beauveria bassiana</i>	Aspersión a la base del tallo.					
Chisa, mojoyo o morrongo (<i>Ancognatha scarabaeoides</i>)	Épocas de siembras adecuadas, distancia de siembra adecuada, recolección de residuos de cosecha.	Al inicio del cultivo.					
Chisa, mojoyo o morrongo (<i>Ancognatha scarabaeoides</i>)	Trampas de luz negra o luz día.	En todo el cultivo.					
Chisa, mojoyo o morrongo (<i>Ancognatha scarabaeoides</i>)	<i>Metarrhizium anisopliae</i> <i>Beauveria bassiana</i>	Aspersión al follaje.					
Babosa (<i>Arion ater</i> L.)	Recoger residuos de cosecha, control de malezas.	Durante el cultivo.					
Babosa (<i>Arion ater</i> L.)	Cebos tóxicos.	En el cultivo.					
Babosa (<i>Arion ater</i> L.)	Metaldehído.	Aplicar a la base del tallo.					
Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius)	Aplicación de cinco diferentes insecticidas químicos comerciales.	Aspersión foliar por el envés.					
Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius)	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Aspersión foliar por el envés.					
Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius)	<i>Beauveria bassiana</i>	Aspersión foliar por el envés.					
Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius)	<i>Verticillium lecanii</i>	Aspersión foliar por el envés.					
Gota o tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>)	Recolección de residuos de cosecha, semilla de buena calidad, épocas de siembra, fertilización adecuada, aporques altos, cosecha a tiempo, rotación de cultivos.	Durante todo el cultivo.					

Nota. Seguimientos en investigación participativa con agricultores de los Municipios de Sibaté y Granada

Continuación de la Tabla 8.8

Plaga	Prácticas de manejo integrado	Aplicación	Etapa del cultivo				
			C1	C2	C3	C4	C5
Gota o tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>)	Rotación de productos protectantes con sistémicos de cinco fungicidas químicos comerciales. Realizar podas, desechar del lote el material infectado, realizar control de malezas para evitar fuente de inóculo, realizar rotación de cultivo, fertilización adecuada.	Aspersión a la planta cuando se presenten condiciones favorables.					
Cenicilla o Mildew polvoso (<i>Erysiphe cichoracearum</i>)	Aplicación de dos fungicidas químicos comerciales.	Durante todo el ciclo del cultivo.					
Cenicilla o Mildew polvoso (<i>Erysiphe cichoracearum</i>)	Eliminación de plantas infectadas, podas constantes, control de malezas, rotación de cultivos.	Aplicación a las plantas.					
Rhizoctonias (<i>Rhizoctonia solani</i>)	Aplicación de un fungicida químico comercial.	Durante todo el ciclo del cultivo.					
Rhizoctonias (<i>Rhizoctonia solani</i>)	Aplicación de otro fungicida químico comercial.	Aplicación a plantas afectadas.					
<i>Rosellinia</i> sp.	Usar como semilla tubérculos sanos, evitar sembrar papa en suelos infestados, mejorar el drenaje de los suelos incorporando materia orgánica, para evitar la acumulación de agua, realizar rotaciones de cultivo con plantas que no sean susceptibles, mantener el lote limpio de material leñoso y libre de malezas, quemar todos los residuos de plantas infectadas.	Antes de la siembra.					
<i>Rosellinia</i> sp.	Cal u óxido de calcio.	En el momento de la siembra.					

Nota. Seguimientos en investigación participativa con agricultores de los Municipios de Sibaté y Granada



Continuación de la Tabla 8.8

Tipo de control	Convenciones	Etapas del cultivo
Cultural		C1=Plántula
Químico		C2=Desarrollo
Biológico		C3=Crecimiento (tuberización)
Trampas y/o Cebos		C4=Producción
Etológico		C5=Madurez fisiológica

Nota. Seguimientos en investigación participativa con agricultores de los Municipios de Sibaté y Granada

Producción y Manejo de Enmiendas Orgánicas como Alternativa Sostenible en el Cultivo de Papa Diploide. Una enmienda orgánica o abono es el producto del proceso de descomposición y mineralización de residuos vegetales, animales e industriales que se adicionan al suelo para mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas en particular la actividad microbiana, control de pH y retención del agua. Los abonos verdes, lodos de depuración, biochar,⁶ abonos orgánicos, vermicompost⁷ y microorganismos eficientes son algunos ejemplos de enmiendas orgánicas (Infante-Lira, 2010; Montoya et al., 2020).

Durante los diagnósticos participativos previos, los productores enfatizaron en el desarrollo e implementación de procesos de producción y uso de abonos elaborados con materiales y desechos locales con el fin de establecer esquemas de fertilización más limpios y sostenibles que contribuyeran con el mejoramiento de la condiciones biológicas, físicas y químicas del suelo. Para ello, se estableció un NIP para la producción, evaluación y uso de bioinsumos, con la orientación de los profesionales de las entidades de acompañamiento.

Los pequeños productores participantes establecieron una planta piloto de producción de bioinsumos que comprendía una plancha de cemento, una caseta construida con madera y una cubierta con materiales de invernadero (plásticos y polisombras) (Figura 8.6). También, se incorporó al proceso un molino picador para obtener un abono más homogéneo, con características físicas superiores, mejor

⁶Biochar es un derivado carbonado de residuos de biomasa para aplicar al suelo con el propósito de mejorar sus propiedades.

⁷Vermicompost es un residuo orgánico obtenido por compostaje con lombrices y se conoce como humus de lombriz.



presentación y que a la vez reducía los costos de producción; puesto que esta máquina facilitaba el proceso de selección de acuerdo con el tamaño de partícula, labor que antes se realizaba manualmente.

Varios ciclos de producción del tubérculo se realizaron, en medio de talleres prácticos de capacitación e intercambios de experiencia, como visitas a otras organizaciones de productores más avanzados en el proceso. Durante los tres primeros ciclos, se tuvo el espacio y el tiempo necesario para desarrollar capacidades, evaluar y estandarizar los procesos con miras a mejorar la eficiencia, las características físicas y el aporte nutricional del abono, así como también la rentabilidad y la sostenibilidad de este. En el tercer ciclo, quedaron recursos económicos para la compra de materiales y así continuar con el proceso.

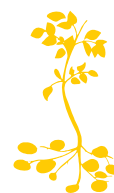
Figura 8.6

Planta piloto local establecida por pequeños productores participantes para la producción de enmiendas orgánicas



Nota. Fotografías tomadas en la investigación participativa orientada por la Corporación PBA

Las diferentes sesiones de capacitación a los agricultores de la Asociación de Agricultores de Granada (Asoagra) y de la Asociación Criolla Oro Sibaté, estuvieron sobre la preparación de abono verde conocido como bokashi (materia orgánica sólida en japonés) y de abonos líquidos. Además, se estableció un comité de abonos para organizar la participación, evaluar diferentes materiales e insumos utilizados en la preparación, estimar costos de producción, rentabilidad y unificar el proceso de elaboración.



Durante este proceso se ensayaron diversos materiales y cantidades hasta encontrar la fórmula más adecuada. Dicha preparación estuvo compuesta de:

- Porquinaza o residuos de porquerizas como estiércol de cerdos con orines, sus camas y el agua de lavado.
- Gallinaza o estiércol de gallinas.
- Rumen o residuos del estómago de ganado una vez sacrificado.
- Melaza o líquido denso que proviene de la caña de azúcar.
- Microorganismos eficientes o conocidos como EM que están presentes en los ecosistemas como bacterias que promueven desarrollo de plantas, bacterias productoras de ácido láctico, hongos de fermentación, entre otros.
- Residuos de sustratos para champiñón.
- Concentrado para terneros.
- Roca fosfórica.
- Levadura.

Después, las asociaciones de agricultores continuaron con la preparación de abonos orgánicos en la planta de producción, vendiéndolos a otros productores de la zona e incorporándolos en la producción de semilla limpia de papa diploide, en otros cultivos y en parcelas para la producción de hortalizas y árboles frutales.

Como resultado de esta investigación participativa, se concluyó que la aplicación de fertilizantes orgánicos complementados con dosis bajas de fertilizante químico, puede satisfacer adecuadamente la nutrición mineral en el cultivo de papa diploide, con respecto a la fertilización netamente química. También, se concluyó que es posible reducir los costos en la fertilización del cultivo de este tubérculo en la región de los Municipios de Granada y Sibaté, incorporando estos bioinsumos al esquema de fertilización para generar procesos más limpios y sostenibles de producción. Así mismo, se demostró el mejoramiento de las características del suelo, como: contenido de materia orgánica, densidad aparente, porosidad, capacidad de intercambio catiónico, entre otros.



Oyarzun et al. (2002) confirman que la aplicación de enmiendas orgánicas al cultivo de la papa, contribuye a las condiciones del suelo a favor de los organismos antagónicos naturales y aportan microflora saprófita para el control de patógenos o de enfermedades presentes. Mendoza-Dávalos et al. (2021) reportan el empleo de enmiendas orgánicas en cultivos de papas nativas en zonas andinas como una relevante alternativa frente al manejo de agroquímicos que presentan consecuencias de contaminación ambiental, riesgos para la salud e incremento de los costos de producción. Su estudio se realizó con dos variedades nativas *S. goniocalyx* Juz. et Buk., aplicando tres enmiendas orgánicas de guano de islas, compost y estiércol de ovino encontrando que las enmiendas incrementaron la humedad gravimétrica, las poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos hasta un 14%. Por tanto, estos autores concluyeron que el efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas mejora la fertilidad de los suelos en zonas andinas.

En el caso del cultivo de papa diploide, Muñoz y Lucero (2008) evaluaron el manejo de abono orgánico en relación al rendimiento de producción de la variedad Criolla Colombia en el Departamento de Nariño (Colombia) a 2.520 msnm y 45 cm de profundidad en suelo de textura franca a franco-arcillosa. Compararon la aplicación de fertilizante químico frente al manejo de abono orgánico y encontraron que las cantidades adecuadas de abono orgánico estuvieron entre 800 a 1.200 kg/ha con un rendimiento de 13.888,9 kg/ha de tubérculos. El análisis económico demostró que el abono orgánico tuvo la mayor relación beneficio-costo.

Siembra de Abonos Verdes como Práctica Sostenible en la Capacidad Productiva del Suelo. La reutilización de material vegetal (ramas, hojas, flores, frutos, entre otros) resultantes de los sistemas agrícolas para integrar al suelo se conocen como abonos verdes. Son una enmienda orgánica y una alternativa de fertilización económica a los agricultores y ambientalmente sostenible, que mejora las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo, su estructura, los nutrientes se van liberando allí gradualmente incrementado los micro y macronutrientes requeridos para el cultivo. Se emplean principalmente leguminosas y fabáceas que pueden formar asociaciones simbióticas con bacterias fijadoras de

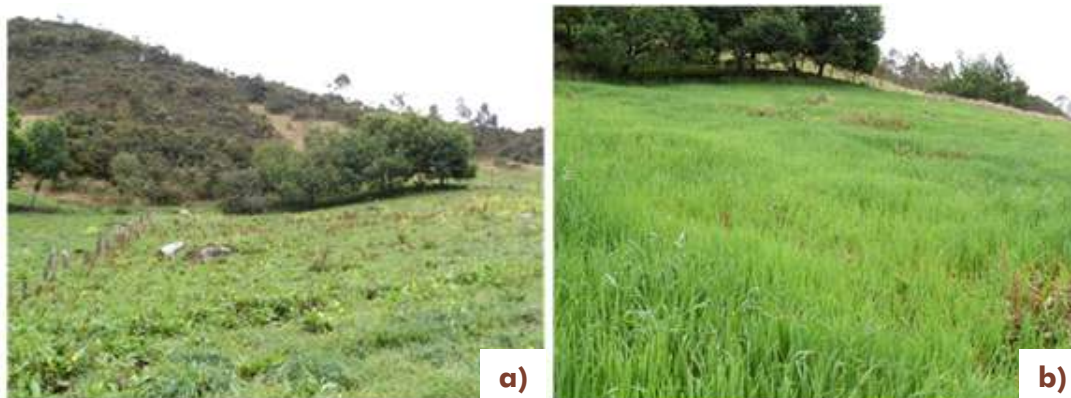


nitrógeno atmosférico incrementando el nitrógeno disponible para la asimilación de los cultivos, por ende, su empleo reduce el empleo de agroquímicos (Montoya et al., 2020; Muñoz y Lucero, 2008).

Por lo anterior, se tuvo en cuenta esta enmienda como alternativa de producción más limpia y sostenible acompañada con ciclos de rotación entre cultivo y cultivo, con el objetivo de mejorar las condiciones y la capacidad productiva de los suelos. Además, para romper con los ciclos de las plagas y enfermedades del cultivo de papa diploide, entre otros cultivos alternativos de la zona. Para ello se establecieron algunos NIP en los que se sembró avena Cayuse o avena forrajera (*Avena sativa* L.), como abono verde antes de la siembra de papa diploide (Figura 8.7).

Figura 8.7

a) Lote antes de la siembra de abonos verdes, b) Lote con avena Cayuse sembrada de 3 meses en el Municipio de Sibaté



Nota. Fotografías tomadas en la investigación participativa orientada por la Corporación PBA

Luego de cuatro meses de siembra la avena en los NIP, se desbrozaba o limpiaba de maleza y se integraba en el suelo para que se reincorporaran los nutrientes y la materia orgánica en el mismo. Posteriormente se establecía el cultivo de papa diploide en estos mismos suelos y se evaluaban parámetros referentes a la capacidad productiva del suelo (Tabla 8.9). Estos procesos de uso de abonos verdes, eran desconocidos totalmente antes del desarrollo de las investigaciones participativas, por los pequeños productores de los Municipios de Granada y Sibaté.



Tabla 8.9

Evaluación de suelos antes y después del manejo de abonos verdes

Predio	NIP*	Muestra	Parámetros***											
			pH	CE	CO	N	Ca	K	Mg	Na	Al	CICE	CIC	
El Pereque	Lote de abono verde	Antes de la siembra		dS/m	%	meq/100g								
			5,7	ns**	11,4	0,98	9,33	0,37	1,63	0,16	0	11,5	49,6	
			P	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Ar	L	A	Textura	
			mg/kg								%			
			10,1	ns	0,91	54,8	1,24	2,63	0,32	8	40	52	Franca	
El Pereque	Lote de abono verde	Después de dos ciclos con abono verde (avena)	Parámetros***											
			pH	CE	CO	N	Ca	K	Mg	Na	Al	CICE	CIC	
				dS/m	%	meq/100g								
			5,8	ns**	14,2	1,24	9,65	0,53	1,74	0,19	0	12,7	64,6	
			P	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Ar	L	A	Textura	
mg/kg								%						
12,3	ns	1,25	47,3	1,08	2,8	0,41	8	39	53	Franca				

* Núcleo de investigación participativa, ** ns: no significativo, *** Conductividad eléctrica (CE), Carbono orgánico (CO), Nitrógeno (N), Calcio (Ca), Potasio (K), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Aluminio (Al), Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE), Capacidad de intercambio catiónico (CIC), Fósforo (P), Azufre (S), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Boro (B), Arcilla (Ar), Limo (L), Arena (A).

Nota. Análisis de los suelos en la investigación participativa orientada por la Corporación PBA

En el Departamento de Cundinamarca se reportó la experiencia sobre abonos verdes, por parte de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) con 120 agricultores de papa, maíz y arveja del Municipio de Fúquene. Ellos reconocieron que esta nueva alternativa protege el suelo y en el caso de manejar la avena como abono verde, esta actúa como un colchón ayudando a que el goteo no llegue directamente al suelo y minimiza los efectos (CAR, 2018). También estos abonos verdes aportan nutrientes al suelo.

Los productores se concientizaron de las bondades de incorporar al sistema productivo la rotación con abonos verdes y percibieron que, mediante la labranza mínima y la utilización de la avena forrajera, el suelo conservaba sus nutrientes y arrojaba buenos resultados en términos productivos. Por otro lado, al realizar el aporte de abono verde al lote se reducían las cantidades requeridas de fertilizantes químicos, repercutiendo favorablemente en la rentabilidad del cultivo. Los abonos verdes se descomponen y en el proceso de humidificación



proceden dos formas de humus, el activo que entrega nutrientes a las plantas y el estable que maneja reserva de nutrientes en el suelo que se liberan poco a poco asegurando su fertilización (Guanche, 2012).

En la Tabla 8.10 se describen los cambios en detalle como resultado de este proceso, específicamente, en el área sombreada se muestra la variación favorable de cada parámetro después de haber realizado la rotación del suelo con avena forrajera.

Tabla 8.10

Variación de parámetros antes y después de la siembra de abonos verdes en el suelo

Muestra	pH	N (%)	K (meq/100g)	P (mg/kg)	CO (%)	MO (%)	CIC (meq/100g)	Observaciones
Antes de la siembra	5,7	0,98	0,37	10,1	11,4	19,66	49,6	Aunque la fertilidad de este suelo se considera buena y no tenía mayores limitantes físicos ni químicos, se destaca la gran cantidad de ciclos de cultivo continuos que se realizaron en los últimos 10 años (aproximadamente 14).
Después dos ciclos con abono verde (avena)	5,8	1,24	0,53	12,3	14,2	24,5	64,6	Se observó que la fertilidad del suelo aumentó aún más, lo cual fue positivo (con una enmienda de tipo orgánico, como el abono verde, se mejoró la fertilidad de este sin acudir a fertilizantes de síntesis química).
Cambio en número del parámetro	0,1	0,3	0,16	2,2	2,8	4,84	15	Fue indicador para el cambio en la capacidad productiva del suelo, la cual fue aún mayor, recuperándose de los años de mala explotación y afianzó su sostenibilidad ambiental.

Nitrógeno (N), Potasio (K), Fósforo (P), Carbono orgánico (CO), Materia orgánica (MO), Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Para el cálculo de MO del suelo se aplicó la ecuación $\%MO = \%CO \times \text{factor de equivalencia de } 1,724$.

Nota. Interpretación de parámetros en la investigación participativa orientada por la Corporación PBA (2011)

Bajo los resultados de las Tablas 8.9 y 8.10, se observan las siguientes contribuciones por los nutrientes incluidos al suelo, mediante el manejo de abonos verdes, así:



Nitrógeno (N). La adición de materia orgánica al suelo aportó nitrógeno más en forma de nitratos que en forma amoniacal, por lo tanto, se contribuyó a regular la acidez del suelo. Este aporte de nitrógeno correspondió a mayor cantidad de forma disponible y menos volátil. Además, con el aumento de este nutriente se pudo reducir el aporte de fertilizantes, como la urea que contribuía a la acidificación del suelo.

Potasio (K). Con el abono verde hubo una regulación y aumento del pH (aún siendo solo de una décima) y se contribuyó al aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Esto favoreció la disponibilidad de potasio, pues el indicador de 0,16 resaltó que el manejo del suelo en este NIP, presentó un balance con el magnesio y el calcio, permitiendo mayor disponibilidad de potasio de importancia para la formación de tubérculos, conservando la capacidad productiva del suelo, en donde se hizo menos adiciones de nutrientes y solamente se incluyeron los requeridos por el cultivo.

Fósforo (P). En general en los suelos tropicales la acidez limita la disponibilidad de este elemento, por lo que, en el cultivo de papa diploide se hacen constantes adiciones para aumentar los niveles de fósforo. En el caso particular del fósforo que es un elemento de baja movilidad en el suelo, se obtuvo un valor positivo (2,2) lo que indicó que el abono verde contribuyó en la deficiencia de este elemento nutriente en el suelo debido a que se presentaron valores de P menores a 20.

Otros nutrientes. También se observó que mediante los abonos verdes se aumentó el nivel de nutrientes que son limitantes en la producción, como el magnesio (Mg) el cual pasó de 1,63 a 1,74, el calcio (Ca) que pasó de 9,33 a 9,65 y el boro (B) de 0,32 a 0,41; además, de reducir la cantidad de hierro (Fe) de 54,8 a 47,3 evitando la posible toxicidad por este elemento (Tabla 8.9).

Lo expuesto anteriormente demostró que implementar esquemas de producción limpia, mediante la utilización de abonos orgánicos, el uso de abonos verdes, la labranza de conservación y las estrategias agroforestales, permitieron el mejoramiento de la competitividad y de la sostenibilidad ambiental del sistema



productivo de la papa diploide que trabajan los productores del Departamento de Cundinamarca. Además, el establecimiento de procesos participativos en la inclusión de abonos orgánicos y abonos verdes al manejo del cultivo, facilitaron no solamente el mejoramiento de la competitividad del sistema productivo, sino también la conservación ambiental, la disminución de costos de producción, la generación de nuevos negocios comunitarios y el mejoramiento de la calidad de vida de las familias de los agricultores (Ciro, 2009; Gómez y Agudelo, 2006; Pumisacho y Sherwood, 2005; Salazar-Villareal, 2010).

Conclusiones

Mediante las experiencias participativas con agricultores de papa diploide en los municipios del Departamento de Cundinamarca, se encontró que la aplicación de biopreparados en las plantas de papa diploide favoreció la disminución de ataques de insectos plaga como la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) y la utilización de productos minerales de baja peligrosidad permitió mantener las plantas sanas de enfermedades como la gota (*Phytophthora infestans*), sin embargo, es necesario emplear metodologías que determinen la eficiencia biológica de los biopreparados en la mortalidad de las plagas.

Otra alternativa de sostenibilidad del suelo es la reducción de aplicaciones de plaguicidas químicos de baja residualidad por la inclusión de bioplaguicidas procedentes de fermentaciones de hongos habitantes del suelo en el manejo integrado de plagas y enfermedades. Así mismo, el suelo se beneficia con las enmiendas orgánicas que mostraron su eficacia al aumentar nutrientes principales en el suelo para los cultivos de las unidades demostrativas de comparación, y permitieron establecer recomendaciones para la producción de papa diploide. Actividades que se realizaron mediante procesos de transferencia y aprendizaje de tecnología con productores líderes en las fincas participantes durante la investigación.

Por otra parte, dada la necesidad del mercado por alimentos inocuos y sin residuos de origen químico, es imperativo el cambio del manejo del cultivo tradicional de este tubérculo a un manejo sostenible con alternativas limpias. Aunque el



desarrollo sostenible de las comunidades rurales es un proceso complejo en el que están involucrados diversos aspectos tanto sociales y culturales como biológicos, ambientales y económicos, obedece a que se aborden estrategias integrales y multidisciplinarias que permitan continuar en la aplicación de estas alternativas limpias.

Referencias

- Adhya, T. K., Lal, B., Mohapatra, B., Paul, D. y Das, S. (Eds.). (2018). *Advances in soil microbiology: recent trends and future prospects. Volume 1: Soil-Microbe Interaction*. Springer.
- Ahmad, N., Jan, S.A., Sajjad, W., Faisal, S., Gao, B., Khakemin, K., Hayat, M. y Kumar, T. (2018). *In vitro* antimicrobial activity of Aloe vera L. extracts against pathogenic bacteria and fungi. *Mycopathologia*, 14(1 y 2), 21-27. <http://111.68.103.26/journals/index.php/mycopath/article/viewFile/1302/603>
- Alfonso, F.L. y Toro, I. (2010). Riesgo ambiental por el uso de agroquímicos. *Inventum*, 5(9), 32-41. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.5.9.2010.32-41>
- Bautista, E.J., Mesa, L. y Gómez, M.I. (2018). Alternativas de producción de bioplaguicidas microbianos a base de hongos: el caso de América Latina y El Caribe. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 585-604. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.15>
- Bernal, G. (2010). *Las buenas prácticas agrícolas (BPA) desde la perspectiva de la microbiología de suelos [Simposio Magistral]. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.
- Cárdenas, J.I. y Vallejo, L.E. (2016). Agricultura y desarrollo rural en Colombia 2011-2013: una aproximación. *Apuntes del Cenés*, 35(62), 87-123.



- Cavicchioli, R., Ripple, W.J., Timmis, K.N., Azam, F., Bakken, L.R., Baylis, M., Behrenfeld, M.J., Boetius, A., Boyd, P.W., Classen, A.T., Crowther, T.W., Danovaro, R., Foreman, C.M., Huisman, J., Hutchins, D.A., Jansson, J.K., Karl, D.M., Koskella, B., Welch, D.B.M., ... Webster, N.S. (2019). Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change. *Nature Reviews Microbiology* 17, 569–586. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0222-5>
- Chowdhary, K. y Sharma, S. (2019). Antifungal activity of Aloe vera L. inflorescence against plant pathogenic fungus. *Indian Phytopathology*, 72, 373–376 <https://doi.org/10.1007/s42360-019-00121-0>
- Ciro, P. y Villegas, B. (2009). *Mis buenas prácticas agrícolas: Guía para agroempresarios*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y Corporación Colombia Internacional (CCI). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/2311>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR]. (2018). *Agricultores conocen experiencias sobre abono verde y labranza mínima en Fúquene. Colombia*. <https://www.car.gov.co/saladeprensa/agricultores-conocen-experiencias-sobre-abono-verde-y-labranza-minima-en-fuquene>
- Correal, P.E. (2009). *Propuesta estratégica para la conversión de sistemas productivos de papa criolla (Solanum phureja) de convencional a ecológico desde una perspectiva de gestión ambiental. Caso asociación de productores de papa criolla "Asocriolla" Municipio de Subachoque (Cundinamarca)* [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana].
- Dammak, I., Lasram, S., Hamdi, Z., Moussa, O.B., Hammi, K.M., Trigui, I., Houissa, H., Mliki, A., y Hassouna, M. (2018). *In vitro* antifungal and anti-ochratoxigenic activities of Aloe vera gel against *Aspergillus carbonarius* isolated from grapes. *Industrial Crops and Products*, 123, 416-423. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.023>
- Danish, P., Ali, Q., Hafeez, M.M. y Malik, A. (2020). Antifungal and antibacterial activity of Aloe vera plant extract. *Biological and Clinical Sciences Research Journal*, 2020, e003. <https://bcsrcj.com/wp-content/uploads/2020/04/BCSRJ2020e004.pdf>



- Delgado, D.M. (2017). Aplicación de enmiendas orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. *Lámpsakos*, 17, 77-83. <https://doi.org/10.21501/21454086.1907>
- Denaix, L., Anatole-Monnier, L., y Thiéry, D. (2016). *Effet de l'utilisation répétée de bouillie bordelaise sur la contamination des sols, la biodisponibilité du cuivre et son accumulation dans la vigne*. 46 congrès du Groupe Français des Pesticides, Bordeaux. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01869886/document>
- Donaire, R. y Garcia, W. (2006). Alternativa agroecológica para el control del tizón tardío, *Phytophthora infestans*, de la papa en Colomi - Bolivia. *Acta Nova*, 3(3), 564-577.
- Federación Colombiana de Productores de Papa [Fedepapa]. (2004). *Guía ambiental para el cultivo de la papa*. Fedepapa - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. <https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2012/09/guia-ambiental-para-el-cultivo-de-la-papa.pdf>
- Food and Agriculture Organization [FAO] y Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2013). *Los biopreparados para la producción de hortalizas en la agricultura urbana y periurbana*. FAO – MAG, Paraguay.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2019). *El apoyo de la FAO para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América del Sur – Panorama*. FAO.
- García, D.G., Orozco, M.R., Suárez, D.M. y Perry, S. (2011). *MTP. Mejoramiento tecnológico participativo: una guía para construir procesos de innovación tecnológica en comunidades rurales*. (Manual para facilitadores). Corporación PBA. <https://redprodepaz.metabiblioteca.com/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1909>
- Gómez, L.E. y Agudelo, S.C. (2006). *Cartilla para educación agroecológica*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/2006>



- Guanche, A. (2012). *Los abonos verdes. Información Técnica*. Agrocabildo. https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_454_abonos_verdes.pdf
- Guzmán-Plazola, P., Guevara-Gutiérrez, R.D., Olgún-López, J.L. y Mancilla-Villa, O.R. (2016). Perspectiva campesina, intoxicaciones por plaguicidas y uso de agroquímicos. *Idesia (Arica)*, 34(3), 69-80. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016000300009>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2003). Resolución 3759. Por la cual se dictan disposiciones sobre el Registro y Control de los Plaguicidas Químicos de uso agrícola. ICA.
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2014). Resolución 3497. Por medio de la cual se establece el procedimiento para la revaluación de los plaguicidas químicos de uso agrícola registrados con anterioridad a la entrada en vigencia de la Decisión CAN 436 y se establecen otras disposiciones. ICA.
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2015). Resolución 3168. Por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento y se dictan otras disposiciones. ICA.
- Infante-Lira, A. (2010). *Manual de biopreparados para la agricultura ecológica. Programa Territorial Orgánico (PTO)* Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y Surfrut.
- IPES-RUAF-FAO. (2010). *Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana*. IPES-Promoción del Desarrollo Sostenible, Fundación RUAF, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <https://www.trinacionalrioempa.org/mftrl/archivos/biblioteca/publicaciones/manuales/biopreparados-para-el-manejo-sostenible-de-plagas.pdf>



- Kuhar, T. P., Kamminga, K., Philips, C., Wallingford, A. y Wimer, A. (2013). Chapter 13: Chemical control of potato pests. En P. Giordanengo, C. Vincent y A. Alynckhin (Eds.) *Insect Pests of Potato: Global Perspectives on Biology and Management* (pp.375-397). Elsevier.
- León, T.E., Coca, A., Forigua, W.A. y Castellanos, D.E. (2013). Efectos de purines de chipaca (*Bidens pilosa* L.) y de microorganismos en la incidencia y severidad de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en papa criolla (*Solanum phureja*) cultivada en Tenjo (Cundinamarca, Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 66(2), 7009-7020.
- Mamani de Marchese, A. y Filippone, M.P. (2018). Bioinsumos: componentes claves de una agricultura sostenible. *Revista agronómica del noroeste argentino*, 38(1), 9-21.
- Mediavilla, M.C. (2014). *Biopreparados para el manejo de plagas y enfermedades*. Prohuerta e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). https://inta.gov.ar/sites/default/files/cartilla_biopreparados.pdf
- Mendoza-Dávalos, K., Sanabria-Quispe, S., Pérez-Porras, W. y Cosme-DeLaCruz, R. (2021). Enmiendas orgánicas y su efecto en las propiedades de suelos alto andinos cultivados con papa nativa (*Solanum goniocalyx* Juz.et Buk.). *Agroindustrial Science*, 11(2), 221-229. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.02.12>
- Ministerio de Salud. (1991). Decreto 1843 22/07/1991. Por el cual se reglamentan parcialmente los títulos III, V, VI, VII y XI de la Ley 09 de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas. https://www.dadiscartagena.gov.co/images/docs/normatividad/decretos/decreto_1843_22_07_1991.pdf
- Ministerio de Salud. (1992). Resolución 010834 25/11/1992. Por el cual se reglamenta parcialmente el capítulo III del Decreto 1843 de 1991. <https://www.ins.gov.co/Normatividad/Resoluciones/RESOLUCION%20010834%20DE%201992.pdf>



- Montes, A., Díaz, D., Perry, S. y Nova, Y. (2011). *Empoderamiento de los pequeños productores rurales (EPPR): fortalecimiento de las competencias de la población rural para la participación ciudadana*. (Manual para facilitadores). Corporación PBA.
- Montoya, S. A.M., Mora, A.M. y Vásquez, C.J.F. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 58-68.
- Muñoz, L.A. y Lucero, A.M. (2008). Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 340-346. <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180314732019.pdf>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2020). *Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan y directrices para la clasificación 2019*. World Health Organization.
- Ortiz, D. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia: colección de Filosofía de la Educación*, 19(2), 93-110.
- Oyarzún, P., Gallegos, P., Asaquibay, C., Forbes, G., Ochoa, J., Paucar, B., Prado, M., Revelo, J., Sherwood, S. y Yumisaca, F. (2002). Capítulo 4. Manejo integrado de plagas y enfermedades. En M. Pumisacho, y S. Sherwood, (Eds.) *El Cultivo de la Papa en Ecuador* (pp.85-169). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) - Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Piedrahita-López, L., Peña, Y.Z., y Maldonado, L. (2012). Agricultura sostenible y competitiva de la papa criolla en Colombia. En: G. Thiele, C.A. Quirós, J. Ashby, G. Hareau, E. Rotondo, G. López, R. Paz Ybarnegaray, R. Oros, D. Arévalo, J. Bentley, (Eds.) *Métodos participativos para la inclusión de los pequeños productores rurales en la innovación agropecuaria: Experiencias y alcances en la región andina 2007-2010*. (pp.67-76). Programa Alianza Cambio Andino Centro Internacional de la Papa (CIP).



- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2015). *Recetas caseras de abonos orgánicos y biopesticidas*. PNUD, Unión Europea (UE) y Corporación El Canelo de Nos.
- Pro-Mix. (2021). *La función del cobre en el cultivo de plantas*. Centro de Formación. Pro-Mix marca registrada de Premier Horticulture Ltd. <https://www.pthorticulture.com/>
- Pszczolkowski, P. y Sawicka, B. (2018). The effect of application of biopreparations and fungicides on the yield and selected parameters of seed value of seed potatoes. *Acta Agrophysica*, 25(2), 239–255. <https://doi.org/10.31545/aagr/93104>
- Pumisacho, M y Sherwood, S (Eds). (2005). *Guía metodológica sobre Escuelas de campo de Agricultores*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (Iniap) y Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Restrepo, J. (2007). *Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca*. Feriva.
- Salazar, C. y Betancourth, C. (2009). Evaluación de extractos de plantas para el manejo de polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) en cultivos de papa en Nariño, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 219-226.
- Salazar-Villareal, M. (2010). *Cartilla Alternativas para el manejo de plagas y enfermedades en nuestras fincas*. Progressio-CEA.
- Santamaría, M., Montañéz, J. y Sánchez, R.R. (2010). Evaluación de la producción limpia de papa criolla (*Solanum phureja*) en Madrid, Cundinamarca. *Inventum* 9, 8-12.
- Santos, A.M, Cotes, A.M., Caro, A., Bustillo, A.E., Escobar, A., Balbin, A., Díaz, A., Arcila, A.M., Carabalí, A., Vásquez, A.A., Lohr, B.L., Oehlschlager, C., Beltrán, C.R., Moreno, C.A., Espinel, C., González, C., Clerck, C., Hoy, C.W., Narváez, C.A....., Martínez, Y.A. (2018). *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros: agentes de control biológico*. (V. 1). AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/33829>



- Soto, G. (2020). El continuo crecimiento de la agricultura orgánica: Orgánico 3.0. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 215-226.
<https://dx.doi.org/10.15359/rca.54-1.13>
- Tencio, R. (2017). *Guía de elaboración y aplicación de bioinsumos para una producción agrícola sostenible*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG), Fundecooperación, Fondo Multilateral de Inversiones (Fomin). <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F08-10924.pdf>
- Thakur, N., Kaur, S., Kaur, T., Tomar, P., Devi, R., Thakur, S., Tyagi, N., Thakur, R., Mehta, D.K. y Yadav. A.N. (2022). 25 - Organic agriculture for agro-environmental sustainability. En R. Soni, D. Suyal, A. Yadav, R. Goel. (Eds.) *Developments in Applied Microbiology and Biotechnology. Trends of Applied Microbiology for Sustainable Economy*.(pp.699-735) Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91595-3.00018-5>
- Torres, D. y Capote, T. (2004). Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *Revista Ecosistemas*, 13(3), 2-6.
<https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/201>
- UTZ. (2015). *Lista de plaguicidas prohibidos y lista de plaguicidas en vigilancia, Versión 1.0. Holanda*.
<https://utz.org/wp-content/uploads/2016/02/ES-UTZ-List-of-Banned-Pesticides-v1.0-2015.pdf>
- Verma, B.C., Pramanik, P. y Bhaduri, D. (2020). Organic Fertilizers for Sustainable Soil and Environmental Management. En R.S. Meena (Ed.) *Nutrient Dynamics for Sustainable Crop Production* (pp. 289-313). Springer.

