

La propagación *in vitro* de materiales nativos de papa cobra gran importancia ya que permite identificar la rapidez con la que estos pueden ser propagados casi que exponencialmente y por lo tanto, constituyen información relevante para la proyección y el mantenimiento de cadenas proliferativas, conforme lo demande la producción o el interés investigativo con distintos fines¹⁶¹. No obstante, algunas respuestas genotipo-dependientes son causadas por la interacción entre la planta y el medio de cultivo¹⁶²⁻¹⁶⁴.

Por lo tanto, se deben hacer estudios a nivel genotípico para verificar la similitud de materiales y su comportamiento morfofisiológico *in vitro* y en condiciones de campo.

Es importante resaltar que las técnicas de propagación *in vitro* tienen como fundamento el establecimiento de cultivos axénicos, que requieren tanto condiciones de laboratorio adecuadas como el manejo de material vegetal completamente limpio.

Para esto, desde la consecución del material inicial hasta su mantenimiento en condiciones asépticas, se debe evaluar la posible incidencia de patógenos presentes en los cultivos.

El uso de herramientas biotecnológicas representó una estrategia potencial en favor del fortalecimiento de la cadena productiva de papa nativa. Es así como, el desarrollo de protocolos *in vitro* permitió la producción masiva de plantas de papas nativas libres de fitopatógenos y el fortalecimiento de capacidades investigativas.

El stock de la colección *in vitro* en laboratorio permitió el establecimiento de cadenas proliferativas que tendrán aplicabilidad a futuro en la producción de



semilla certificada y la consolidación de un banco de germoplasma como estrategia de conservación *ex situ*. Mientras que, el material vegetal utilizado por los agricultores para la siembra de semilla de alta calidad de los diferentes genotipos garantizaría mejores cosechas, beneficios económicos y calidad de vida para los productores y a su vez el fomento de este producto como una alternativa nutricional favorable.

El uso generalizado de herramientas moleculares de secuenciación de próxima generación (NGS) han traído en gran medida la disponibilidad de análisis del genoma completo.

La secuenciación del genoma completo (WGS) es un proceso que determina la secuencia de ADN completa del genoma de un organismo a la vez. Implica descubrir el orden de las bases en un genoma completo de un organismo, que está respaldado por métodos automáticos de secuenciación de ADN y técnicas informáticas para reunir los datos de la secuencia biológica¹⁶⁵.

En este estudio se realizó la secuenciación de genoma completo de 10 materiales de papa nativo cultivados en los municipios de Ventaquemada y Chiscas (Boyacá).

El análisis de conglomerados de los materiales nativos de papa mostró la conformación de dos grupos, que proporcionan una base para identificar la relación entre los materiales nativos de papa a nivel genético.

La diferenciación genética podría estar influenciada por la diversidad genética que se presenta en cada genotipo¹⁶⁶, sin embargo, otros factores como la hibridación entre genotipos y la reintroducción de genotipos locales también pueden contribuir a la diferenciación a nivel genético del material evaluado²².

Las características morfoagromóricas más diversas de estos materiales están relacionadas con el color y la forma de los tubérculos y flores, asociando esta variabilidad con posibles variaciones genéticas o efectos ambientales. Resultados similares han sido reportados e indican que materiales nativos de papa son muy diversos genéticamente con una variedad de formas de tubérculos, colores de piel y pulpa¹⁶⁷.

Por lo tanto, la selección de genotipos distantes como *Aguacata* para la hibridación en programas de mejoramiento de papa, constituirá la base para explorar los nuevos alelos en busca de características agronómicas valiosas y la obtención de variedades.

El desarrollo de las actividades en campo para el cultivo de la papa, implica el establecimiento de procesos encaminados al desarrollo de un cultivo que cumpla con dos de los elementos más importantes para el productor: la sanidad y el rendimiento⁷⁴.

De la semilla de la papa depende que desde el inicio del cultivo se cumplan ciertos criterios asociados a factores determinantes para la obtención, no solo de un producto de alta calidad sino con rendimientos apreciables¹⁶⁸.

Sin embargo, como se da en todos los cultivos, el rendimiento, depende de un equilibrio entre genotipo, manejo agronómico y condiciones ambientales locales que definen la productividad y por ende el aspecto comercial^{169,170}.

Las zonas de cultivo se encuentran altamente intervenidas¹⁷¹, especialmente por el uso de mecanización y la aplicación de planes de manejo inadecuados sin análisis de suelos previos, afectando directamente el rendimiento.

DISCUSIÓN

En el caso de Ventaquemada, los altos contenidos de materias orgánicas y las aplicaciones correctivas de elementos traslocables incidieron en el rendimiento del tubérculo¹⁷².

Adicionalmente, las condiciones ambientales con altos niveles de humedad, de manera casi constante en tres cuartas partes de las dos temporadas de siembra y un clima frío, con una altura cercana a los 3.000 m, fueron condiciones óptimas para el cultivo y buen rendimiento de los genotipos evaluados.

En Chiscas, la zona destinada para el cultivo presentó un clima más seco, con claras diferencias en la disponibilidad de recursos en el suelo.

La falta de materia orgánica influyó directamente en la filtración de agua en el suelo, lo que implicó la aplicación de materia orgánica que mejoró la textura y la capacidad de retención de agua. El rendimiento de los genotipos evaluados fue menor en esta localidad en comparación con Ventaquemada.

No obstante, presentó valores similares y superiores a los reportados para otros cultivos de papas nativas¹⁷³.

Como resultado de esta investigación se obtuvieron las tablas nutricionales para los diez materiales nativos caracterizados, los cuales servirán de base para su aprovechamiento industrial y proyección comercial. Desde el punto de vista nutricional las papas en general tienen altos contenidos de carbohidratos en forma de almidón que lo convierten en una buena fuente de energía para una dieta balanceada^{174,175}.

Es importante resaltar que en los materiales nativos evaluados se destaca la cantidad de minerales como el hierro y el calcio que se acumulan en estos genotipos



dándoles condiciones especiales desde el punto de vista nutricional¹⁷⁶.

Se ha reportado que estas moléculas son precursoras de carotenoides, entre otras, responsables de dar la coloración características a la mayoría de papas nativas¹⁷⁷, en contraste con las papas denominadas “de año”.

La descripción morfológica de materiales mediante el trabajo detallado y descriptivo de Herbario, tiene como herramienta fundamental la caracterización botánica y agronómica conexas.

En este aspecto, en solanáceas y específicamente en el caso de materiales de papa, el estudio de los caracteres morfológicos de las plantas a través de los descriptores cualitativos y cuantitativos¹⁹ establecidos y validados por expertos es fundamental.

A través de la descripción botánica de estructuras como la flor, la disposición de las hojas, el color del tallo, la coloración en el tubérculo y la forma de crecimiento, fue posible distinguir la variabilidad dentro los caracteres, que serán indispensables en la identificación morfológica de los materiales nativos por parte de la comunidad.

Además de la caracterización botánica, diferentes estudios¹⁷⁸ han relacionado los hallazgos de investigadores junto con los saberes y clasificación local¹⁷⁹ que cultivadores y productores tradicionales hacen a los materiales.

Indiscutiblemente uno de los retos y ambiciones de este estudio fue de forma indirecta generar contenidos en cuanto a la clasificación de materiales según el saber local complementado con el saber científico.

Asimismo, visibilizar las características agronómicas¹⁸⁰ que se derivan de los materiales, sumado incluso a la calidad culinaria y su posicionamiento industrial con la fusión de saberes ancestrales y de la gastronomía gourmet.

En cuanto al componente social, la relación sociedad-academia es la base fundamental e indispensable para lograr el progreso de una comunidad donde prime el cuidado y la protección de los recursos humanos y naturales. La apropiación social del conocimiento y la intervención de profesionales en las diferentes áreas y disciplinas, permitió el uso eficiente de la información, dando lugar a la generación de nuevos conocimientos de amplio impacto.

Este libro de investigación muestra la experiencia exitosa de la vinculación de los actores sociales en la divulgación, generación y promoción de contenido científico como herramienta de alto impacto en favor

de la promoción y fomento de materiales nativos de papa.

El trabajo realizado con la comunidad incentivó en los agricultores una cultura de autocuidado y protección del medio ambiente, así como también la implementación y el uso adecuado de nuevas herramientas y tecnologías que les permite obtener mejores resultados en sus cultivos.

Se logró fomentar en los cultivadores iniciativas de productividad eficiente y enfoques alternativos para promover el desarrollo sostenible orientado a salvaguardar la seguridad alimentaria y a su vez fortalecer proyectos productivos a nivel regional.

Actividades como las desarrolladas en el presente trabajo, aportan y fortalecen la iniciativa proyectada por el gobierno departamental en la búsqueda de la igualdad y el trabajo organizado con las diferentes comunidades agrícolas, donde sean los campesinos los directamente involucrados y beneficiados con proyectos de alto impacto y de los cuales se puedan obtener resultados a corto, mediano y largo plazo en favor del bienestar de las familias boyacenses.

La apropiación social del conocimiento permite la democratización del acceso y uso del conocimiento científico y tecnológico, como estrategia para su adecuada transmisión y aprovechamiento entre los distintos actores sociales, que derivará en el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades campesinas¹⁸¹.

Las actividades de divulgación y apropiación social del conocimiento que se lograron realizar en este proyecto

de investigación produjo un beneficio a la sociedad sobre el conocimiento de la actividad científica y de investigación que se genera en el Grupo de Investigación BIOPLASMA-UPTC.

Como proyección se espera que, la apropiación social del conocimiento le permita a la comunidad de los municipios de Chiscas y Ventaquemá e incluso del departamento de Boyacá, usar el contenido de la información suministrada en pro del mejoramiento del rendimiento, el rescate y conservación de los materiales nativos de papa cultivados por las comunidades del municipio.

Los recursos audiovisuales derivados del proyecto permitieron identificar y caracterizar cada uno de los genotipos objeto de estudio.

Este material cobra gran importancia con fines divulgativos y llama la atención de la sociedad en general por la majestuosidad y particularidad de los colores y forma de los tubérculos.

Así mismo, el libro generado pone a disposición de los lectores información inédita y de alta calidad multidisciplinar (morfológica, nutricional, molecular y de interés para la ciencia, la cocina gourmet, la industria y para planes de producción y núcleos de propagación).

El trabajo colaborativo entre investigadores y realizadores audiovisuales permitió visibilizar y socializar con la comunidad académica, entes gubernamentales y sociedad en general, los alcances e impacto del proyecto desarrollado y el rol de sus diferentes actores.

Los ejes temáticos y productos desarrollados asegurarán un impacto multidisciplinario y la divulgación masiva y asertiva de la información obtenida desde la ciencia y las estrategias de alianza tripe hélice.

El desarrollo del proyecto fungirá como estudio de caso exitoso relacionado con proyectos de investigación en los que se valide la participación ciudadana para la toma de decisiones y evaluación de iniciativas con enfoque productivo.

El material audiovisual muestra el potencial económico y demanda del cultivo de papas nativas en el país. La divulgación de este tipo de productos permitirá visibilizar y difundir el impacto de las estrategias de investigación en favor del mejoramiento y rendimiento del cultivo de papa en la región.

La ejecución de este componente contribuye con el cumplimiento de los objetivos planteados en los planes de desarrollo departamental de Boyacá (2016-2019 y 2020-2023), a través de los cuales se promueve la inclusión de la comunidad campesina en estrategias socio-productivas en favor de la seguridad alimentaria y nutricional de las familias, en especial las más vulnerables del departamento.

Sumado a esto, se hacen aportes a la conservación de la diversidad biológica; gestión sostenible de los sistemas de producción de alimentos y aumento de la productividad agrícola; e incremento de los ingresos de los productores, en especial, de los pequeños agricultores, generando una fuente de empleo e ingreso para numerosas familias y asegurando la vida y el sustento de las poblaciones: Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) (No. 2 y 15)¹⁸².

