

Artículo de revisión

Fertilización edáfica en el rendimiento de papa criolla (*Solanum phureja*)

*Edaphic fertilization in the yield of Creole potato *Solanum phureja**

Carlos A Latorre Araque¹, Enrique Quevedo García²

¹Maestría en Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona (Pamplona, Colombia). Código Postal 543050; correo electrónico: carlos.latorre@unipamplona.edu.co. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-6446-1393>

²Profesor Asociado PhD. Departamento de Agronomía, Grupo de investigación en Agricultura y Ganadería Sostenible (GIAS), línea de investigación fisiología de cultivos y sanidad vegetal. Universidad de Pamplona. km 1 vía Bucaramanga Pamplona, Norte de Santander. Correo: enriquegarcia@unipamplona.edu.co. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9465-8126>

RESUMEN

El objetivo de este artículo de revisión fue recopilar información sobre la fertilización edáfica y su impacto en el rendimiento de la papa criolla (*Solanum phureja*). Se abordó la problemática existente en el cultivo de papa criolla, caracterizada por la aplicación de fertilizantes sin considerar los análisis de suelo específicos de cada predio ni los niveles críticos de extracción de la especie, lo que conllevaba a altos costos de producción, contaminación ambiental y deterioro de los suelos. La metodología empleada consistió en una investigación documental descriptiva y analítica, donde se analizaron artículos recopilados sobre la fertilización edáfica en papa criolla de los últimos 20 años. Los resultados obtenidos destacaron la importancia de una fertilización cuidadosa para el cultivo de papa criolla, enfatizando que el éxito de esta depende de garantizar la disponibilidad adecuada de todos los nutrientes requeridos por la planta en el suelo. Se concluyó resaltando la necesidad de realizar investigaciones futuras que abordaran de manera integral la fertilización de los cultivos de papa criolla, considerando especialmente los elementos clave como el nitrógeno, fósforo y potasio.

Palabras clave: Suelos, disponibilidad de nutrientes, productividad.

ABSTRACT

The aim of this review article was to gather information on soil fertilization and its impact on the yield of *Solanum phureja* (creole potato). It addressed the existing issues in creole potato cultivation, characterized by the application of fertilizers without considering specific soil analyses of each plot or the critical extraction levels of the species, leading to high production costs, environmental contamination, and soil degradation. The methodology employed involved descriptive and analytical documentary research, analyzing articles collected over the last 20 years on soil fertilization in creole potatoes. The results underscored the importance of careful fertilization for creole potato cultivation, emphasizing that its success relies on ensuring the adequate availability of all necessary nutrients for the plant in the soil. It was concluded that future research should comprehensively address the fertilization of creole potato crops, particularly considering key elements such as nitrogen, phosphorus, and potassium.

Keywords: Soils, nutrient availability, productivity

Recibido: 15-02-2023

Aceptado: 25-04-2023

Publicado: 25-04-2023

Autor de correspondencia: Carlos Latorre

Correo electrónico: carlos.latorre@unipamplona.edu.co

Introducción

El cultivo de papa tiene su origen en la región andina de América, y la papa criolla se encuentra distribuida desde México hasta el norte de Chile (Vega, 2015). Taxonómicamente, pertenece a la familia Solanácea, lo que la hace susceptible a diversas enfermedades y plagas, entre las que se destacan la gota causada por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary y la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny), esta última siendo la plaga más limitante (Granados-Ferrer y Giraldo-Vanegas, 2020; Jaramillo y Bolaños, 2015). La papa criolla forma parte de la serie tuberosa, siendo Colombia el centro de origen de cuatro especies, entre las cuales se destacan comercialmente *Solanum tuberosum*, *Solanum andigena* y *Solanum phureja* (Bonierbale et al., 2004; Latorre y Villamizar, 2019).

En Colombia, el término "papa criolla" se refiere a los morfotipos de los tubérculos que presentan una piel y pulpa de color amarillo, con un aspecto similar al de una yema de huevo (Rodríguez et al., 2009). Esta variedad ha sido clasificada como *Solanum phureja* (Rodríguez, 2010), *Solanum tuberosum* Grupo Phureja (Huamán y Spooner, 2002) y más recientemente como *Solanum tuberosum* Grupo Andigenum (Rose et al., 2014; Rodríguez et al., 2010). Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2006), la papa criolla ha despertado un gran interés en su potencial exportador en Colombia, siendo considerada uno de los productos con mayores perspectivas de exportación en el país. Este hecho subraya la necesidad de mejorar la investigación y la transferencia de tecnología en el cultivo de este tubérculo, así como de adoptar buenas prácticas agrícolas, especialmente en lo que respecta al uso eficiente del agua y al manejo adecuado de la fertilidad del suelo (Florez y Ochoa, 2022). Según Gómez (2019), la papa criolla es una planta que alcanza una altura de aproximadamente 60 cm. Está compuesta por varios tallos herbáceos con numerosas ramificaciones, de las cuales emergen flores de diversos colores, entre los que destacan los tonos blancos y rojos, que permanecen hasta el final del ciclo. Sus hojas son de color verde oscuro y están compuestas.

El sistema radical de la papa criolla se conforma de raíces con ramificaciones laterales y estolones a partir de los cuales se forman los tubérculos, que actúan como órganos de reserva de la planta. Estos tubérculos presentan distintos matices de amarillo y, en algunos casos, pueden mostrar tintes rojos; su forma varía desde redonda hasta ovoide, con ojos distribuidos por toda la superficie. Se estima que, en promedio, la planta produce hasta 40 tubérculos de diverso tamaño esparcidos en su contorno (Latorre y Villamizar, 2019; Vega, 2015).

En Colombia, el cultivo de papa se distribuye en 9 regiones productoras: Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, Nariño, Tolima, Cauca, Santander, Norte de Santander y Caldas. Durante el año 2018, se cultivaron un total de 130.176 hectáreas con una producción media de 21,4 toneladas por

hectárea (Fedepapa, 2018). En cuanto al cultivo específico de papa criolla, se sembraron 8460 hectáreas en todo el país, generando una producción total de 129.014,07 toneladas, con un rendimiento promedio de 15,25 toneladas por hectárea (Agronet, 2018). En el departamento de Norte de Santander, la superficie dedicada al cultivo de papa criolla en 2018 fue de 476 hectáreas, con una producción de 10.027 toneladas y un rendimiento promedio de 21,07 toneladas por hectárea (Agronet, 2018).

La papa es un alimento de gran consumo en Colombia, con un promedio de 61,4 kilogramos per cápita al año, y constituye el principal cultivo en las regiones de clima frío del país. En el año 2014, la superficie total dedicada al cultivo de papa alcanzó las 142.108 hectáreas, con una producción estimada de 2.157.568 toneladas. De esta producción, la papa criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja) contribuyó con 9.954,9 hectáreas, generando un total de 132.323,5 toneladas. Las principales áreas productoras de papa criolla incluyen Cundinamarca (con 3.081,25 hectáreas), Boyacá (con 1.905,00 hectáreas), Nariño (con 1.601,0 hectáreas) y Antioquia (con 1.540,00 hectáreas) (Agronet, 2016).

Colombia es el mayor productor, consumidor y exportador de papas diploides a nivel mundial. Esta posición privilegiada se debe a su condición como centro de diversidad de este cultivo, así como a la alta aceptación por parte de los consumidores, quienes valoran tanto las características organolépticas como nutricionales del tubérculo. Según Pérez et al. (2008), el cultivo de papa criolla (*Solanum phureja*) abarca entre el 5 y el 10 % del área total dedicada al cultivo de papa en el país, con una exportación anual que alcanza las mil toneladas. Además, Colombia ha desarrollado una extensa tradición en el cultivo tecnificado de papas, lo que le confiere un potencial significativo para su industrialización y exportación (Rodríguez et al., 2009).

El cultivo de papa criolla es una importante fuente de empleo debido a las labores culturales necesarias para este producto y de ingresos, ya sea como producto comercial o incluido en programas de seguridad alimentaria en áreas marginales rurales. Se puede consumir en fresco o en forma procesada, como alimento animal o como materia prima para fines industriales (Alvarado y Ramírez, 2016).

Después de lo mencionado anteriormente, se destaca la relevancia del cultivo de la papa criolla, el cual implica una variedad de labores y genera empleo en distintas formas. Es por ello que varios autores, como Becerra y Garay (2019), han dedicado esfuerzos a profundizar en el estudio de este cultivo para mejorar su rendimiento y calidad. Esto contribuye a hacer que los agricultores sean más competitivos al realizar investigaciones en áreas fundamentales como la fertilización.

La fertilización en el cultivo de papa criolla busca complementar las necesidades nutricionales que el suelo no puede proporcionar. Bustamante y Delgado (2015) destacan que la absorción de nutrientes varía según la etapa de

desarrollo del cultivo. Además, señalan que las plantas de papa requieren aproximadamente un 50 % más de potasio que de nitrógeno. Una cosecha de 70 t/ha puede eliminar más de 200 kg/ha de potasio y 120 kg/ha de nitrógeno. Tanto el potasio como el nitrógeno son esenciales durante todo el ciclo de crecimiento vegetativo, la formación de tubérculos y su posterior desarrollo (Yara, 2019).

Dado lo anterior, en la presente revisión de literatura se profundizó en la importancia de la fertilización edáfica sobre el rendimiento del cultivo de papa.

Metodología

Se desarrolló una investigación documental descriptiva y analítica donde las unidades de análisis fueron los artículos recopilados sobre la fertilización edáfica en papa criolla tras los últimos 20 años.

La información se recopiló por medio de los buscadores de Google y Google académico y en las revistas agronómicas como: Suplemento Revista Latinoamericana de la Papa, Agronomía colombiana, Fertilización de cultivos de clima frío. La cual que fue complementada con una búsqueda en las bases de datos científicas: Agronet y Fedepapa.

Se recopilaron artículos, y documentos, con énfasis en el período del año 2010 y 2020, que abordaron el tema de la fertilización edáfica en el cultivo de papa criolla, organizando, analizando y comparando los artículos con base a las siguientes variables; año de publicación, factor y estudio.

Resultados

Conforme a lo descrito en los apartados previos y en las investigaciones de diversos autores, resulta evidente que la fertilización en el cultivo de la papa constituye uno de los componentes más significativos en los costos totales de producción. La literatura especializada enfatiza principalmente el análisis de elementos como el nitrógeno, fósforo y potasio, dada su influencia directa en la productividad y la respuesta positiva que se obtiene al aplicarlos de manera conjunta. Es crucial destacar que el éxito de la fertilización con estos elementos depende en gran medida de la disponibilidad adecuada de todos los nutrientes necesarios para la planta en el suelo.

Además, se ha investigado en los resultados obtenidos que toda fertilización del cultivo de papa criolla requiere considerar los aspectos nutricionales de la planta. Se ha observado que se han llevado a cabo estudios específicos para determinar el impacto del manejo de la fertilización en el rendimiento del cultivo. Estos estudios demuestran que la combinación de abonos orgánicos y minerales no solo aumenta los rendimientos, sino que también mejora la calidad de la papa al aumentar el valor biológico de las proteínas en los tubérculos. Por lo tanto, es fundamental incluir tanto los fertilizantes orgánicos como los minerales en la fórmula para mejorar la productividad del cultivo de papa criolla.

Siguiendo esta línea de pensamiento, es importante destacar que la fertilización en el cultivo de papa criolla busca complementar las necesidades nutricionales que el suelo no proporciona. Por ejemplo, en un estudio realizado por Alvarado y Ramírez (2016), los autores señalan que el cultivo de papa criolla es una significativa fuente de empleo e ingresos. Además, destacan que esta variedad se consume fresca o procesada, tanto como alimento animal o como materia prima para la industria.

Asimismo, investigaciones como la llevada a cabo por Muñoz y Lucero (2008) describen que las cantidades óptimas de abono orgánico oscilan entre 800 y 1.200 kg por hectárea, mientras que la dosis más efectiva de fertilizante químico fue de 300 kg por hectárea. En términos generales, el fraccionamiento de la fertilización edáfica con nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, así como la aplicación de boro, manganeso y zinc, muestra un impacto positivo en el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de los tubérculos en la variedad de papa criolla.

Asimismo, se han hallado investigaciones como la llevada a cabo por Pérez et al. (2008), que indican en sus resultados que la fertilización sin fraccionamiento de N-P-K-Mg favoreció un mejor desarrollo foliar y un mayor potencial de rendimiento. Por lo tanto, no se recomienda su fraccionamiento.

Adicionalmente, estos mismos autores observaron respuestas positivas a la aplicación de boro para la variable rendimiento y se encontró que su respuesta es complementaria al acompañamiento de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio en la fertilización. La variable gravedad específica presentó valores mayores a 1,088 mientras que el contenido de materia seca fue mayor en los tratamientos testigos y en el fraccionamiento; la aplicación de manganeso estuvo relacionada con incrementos en el contenido de materia seca posiblemente por contribuir a una mayor fotosíntesis neta.

Por otro lado, se han encontrado estudios que abordan aspectos importantes relacionados con los costos económicos, evidenciando que el tratamiento de 300/800 kg.ha⁻¹ de fertilizante químico y abono orgánico exhibió la mayor relación beneficio-costos. Alvarado y Ramírez (2016) respaldan esta afirmación, señalando que la dosis más alta de fertilizante no garantizó la mejor rentabilidad. A partir de esto, surge la necesidad de evaluar diversas dosis de fertilización en diferentes cultivos con el fin de optimizar los fertilizantes edáficos y mejorar los costos de producción para los agricultores de papa en el país.

En contraste, se encontraron estudios como el realizado por Gómez (2019), quien evaluó el efecto de tres tratamientos de fertilización, dos de los cuales fueron orgánicos (100 g de humus de lombriz, 100 g de bocashi), y el otro químico, utilizando 40 g de 15-15-15. Como resultado final, el estudio demostró que el mejor tratamiento en cuanto a rentabilidad y rendimiento fue aquel que utilizó fertilizante químico.

En un estudio llevado a cabo por Espinosa et al. (2015) se evaluó el efecto de la fertilización orgánica y mineral en el

rendimiento y la calidad de las variedades nativas de papa en los altiplanos andinos de Ecuador. Los resultados indicaron que la fertilización orgánica, en particular con compost y estiércol, mejoró significativamente el rendimiento y la calidad de los tubérculos en comparación con la fertilización mineral. Esto sugiere que la fertilización orgánica puede ser una estrategia efectiva para mejorar la productividad del cultivo de papa criolla en regiones andinas.

Otro estudio realizado por Hijbeek et al. (2014) en los Países Bajos, se compararon los efectos de la fertilización orgánica y mineral en el rendimiento de tubérculos y el contenido de materia seca en dos variedades de papa. Los resultados mostraron que la fertilización orgánica, especialmente cuando se combinaba con la fertilización mineral, resultaba en mayores rendimientos y contenido de materia seca en comparación con la fertilización exclusivamente mineral. Esto resalta la importancia de la combinación de ambos tipos de fertilizantes para optimizar la producción de papa criolla.

Por su parte, Bünemann et al. (2018) examinaron el efecto de la fertilización orgánica y mineral en el rendimiento y la calidad de los tubérculos de papa en Alemania. Se encontró que la fertilización orgánica, particularmente con compost y estiércol, resultaba en un aumento significativo del rendimiento y la calidad de los tubérculos en comparación con la fertilización mineral sola. Estos hallazgos respaldan la idea de que la fertilización orgánica puede ser una estrategia efectiva para mejorar la productividad y la calidad del cultivo de papa criolla.

Paralelamente, Wang et al. (2019) en un estudio realizado en China, evaluaron los efectos de la fertilización orgánica y mineral en el rendimiento y la calidad nutricional de los tubérculos de papa. Los resultados mostraron que la fertilización orgánica, en particular con compost y abonos verdes, resultaba en un aumento significativo del rendimiento y una mejora en la calidad nutricional de los tubérculos en comparación con la fertilización mineral sola. Estos hallazgos sugieren que la fertilización orgánica puede ser una estrategia viable para mejorar la calidad nutricional de los tubérculos de papa criolla.

En Etiopía Girman et al. (2017) compararon los efectos de la fertilización orgánica y mineral en el crecimiento, rendimiento y calidad de los tubérculos de papa en un agroecosistema tropical. Se encontró que la fertilización orgánica, especialmente con compost y estiércol, resultaba en un mejor crecimiento de las plantas, mayores rendimientos y una calidad superior de los tubérculos en comparación con la fertilización mineral. Estos resultados resaltan la importancia de la fertilización orgánica en la mejora del cultivo de papa criolla en entornos tropicales.

Discusión

Debido a la importancia del cultivo de papa criolla tanto para Colombia como para el departamento Norte de Santander, es esencial realizar estudios que incluyan un

análisis de crecimiento y que investiguen cómo la fertilización orgánica y mineral afecta las variables morfofisiológicas y los componentes de rendimiento. De esta forma, se podrá utilizar información veraz como referencia en investigaciones posteriores que ayuden a fortalecer el sector papero en la región.

El estudio de Gómez (2007) sobre el impacto de la fertilización en el rendimiento apunta a mejorar la productividad del cultivo de papa, lo que a su vez eleva la calidad de vida de los agricultores y garantiza un producto final de calidad para los consumidores. Estos estudios no solo buscan aumentar los rendimientos y mejorar la productividad, sino también incrementar el valor biológico de las proteínas en los tubérculos y enriquecer los suelos destinados a este cultivo.

Clavijo (2001) propone el método de fertilización razonada con el objetivo de evaluar las necesidades de fertilización de un cultivo. Este método se basa en la estimación de parámetros que determinan los tres subcomponentes de un modelo de fertilización predictivo. Según Rodríguez et al. (2001), estos subcomponentes incluyen los requerimientos de cultivos (demanda), la capacidad del suelo para suministrar nutrientes (suministro) y la eficiencia de la fertilización en el agroecosistema particular. Estos parámetros se definen mediante experimentación en condiciones nutricionales óptimas y se validan a través de pruebas de campo.

Algunos estudios sugieren que mejorar la eficiencia del uso de nitrógeno es crucial para fertilizar cultivos de papa criolla, dada su baja capacidad para absorber nitrógeno mineral disponible en el suelo (Goffart et al., 2008). Además, es importante investigar la eficiencia de la fertilización de la papa y los riesgos asociados con el uso de fertilizantes poco confiables antes y durante la siembra (Flores et al., 2021; Flores-López et al., 2020). Por lo tanto, se propone la validación de los parámetros para la fertilización razonada de cultivos de papa (*Solanum phureja*) en condiciones óptimas para el cultivo.

En relación con la combinación de la fertilización orgánica y mineral, Los estudios revisados ofrecen una visión integral sobre los efectos de la fertilización edáfica orgánica y mineral en el cultivo de papa criolla en diferentes regiones y condiciones climáticas. En general, los resultados indican que la fertilización orgánica puede ser una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento y la calidad de los tubérculos en comparación con la fertilización mineral sola. Específicamente, se observa que la fertilización orgánica, como el compost y el estiércol, tiende a promover un aumento significativo en el rendimiento de tubérculos en comparación con la fertilización mineral en diversos entornos, como los altiplanos andinos de Ecuador y los agroecosistemas tropicales de Etiopía. Además, se ha encontrado que la combinación de fertilización orgánica y mineral puede resultar en mayores rendimientos y contenido de materia seca en los tubérculos, destacando la importancia de la integración de ambos enfoques de fertilización.

Los estudios también resaltan que la fertilización orgánica puede contribuir a mejorar la calidad nutricional de los tubérculos de papa criolla. Se observa un aumento en el valor biológico de las proteínas y posiblemente en otros componentes nutricionales cuando se utiliza fertilización orgánica, lo que sugiere beneficios adicionales para los consumidores finales en términos de calidad nutricional.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que los efectos de la fertilización pueden variar según las condiciones específicas del suelo y el clima, así como la disponibilidad y calidad de los recursos orgánicos. Por lo tanto, se necesita una evaluación cuidadosa de las prácticas de fertilización en cada contexto agrícola para optimizar los resultados.

Adicionalmente, se destaca la importancia de investigar los riesgos asociados con el uso de fertilizantes poco confiables y la necesidad de validar los parámetros para la fertilización razonada en condiciones específicas de cultivo. Esta atención a la seguridad y la eficacia de los métodos de fertilización es crucial para garantizar la sostenibilidad a largo plazo del cultivo de papa criolla y el bienestar tanto de los agricultores como de los consumidores.

Conclusiones

En conclusión, el estudio de la fertilización en el cultivo de papa criolla es fundamental para mejorar la productividad agrícola, elevar la calidad de vida de los agricultores y garantizar productos finales de alta calidad para los consumidores. La implementación de métodos de fertilización razonada, como los propuestos por Clavijo (2001), permite una gestión más eficiente de los nutrientes, teniendo en cuenta las necesidades específicas de los cultivos y las características del suelo.

Además, es crucial mejorar la eficiencia del uso del nitrógeno en los cultivos de papa criolla para maximizar el rendimiento y minimizar los impactos ambientales. Sin embargo, es importante investigar los riesgos asociados con el uso de fertilizantes poco confiables, así como validar los parámetros para la fertilización razonada en condiciones específicas de cultivo.

Los estudios revisados muestran que la fertilización edáfica, tanto orgánica como mineral, desempeña un papel crucial en el cultivo de papa criolla, afectando tanto el rendimiento como la calidad de los tubérculos. Se observa que la fertilización orgánica, especialmente cuando se combina con la fertilización mineral, puede mejorar significativamente el rendimiento de los cultivos y promover una mejor calidad nutricional de los tubérculos.

La investigación resalta la importancia de adaptar las prácticas de fertilización a las condiciones específicas del suelo y el clima de cada región. Además, se subraya la necesidad de evaluar cuidadosamente la seguridad y eficacia de los métodos de fertilización, así como de validar los parámetros para la fertilización razonada en cada contexto agrícola.

En conjunto, estos resultados sugieren que un enfoque integrado de fertilización, que aproveche tanto los recursos

orgánicos como los minerales, puede ser fundamental para maximizar la productividad y la calidad del cultivo de papa criolla. Este enfoque no solo beneficia a los agricultores al aumentar sus rendimientos y mejorar sus medios de vida, sino que también ofrece productos finales de alta calidad nutricional a los consumidores.

Sin embargo, se necesitan más investigaciones para comprender mejor los mecanismos subyacentes de la fertilización en el cultivo de papa criolla y para desarrollar prácticas de fertilización más sostenibles y eficientes. En última instancia, la implementación de estrategias de fertilización adecuadas puede contribuir significativamente al desarrollo agrícola y económico de las regiones productoras de papa criolla, beneficiando tanto a los agricultores como a la sociedad en general.

Referencias

- Agronet. (2016). *Red de Información y comunicación del sector agropecuario colombiano*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. Obtenido de <http://www.agronet.gov.co/Paginas/default.aspx>
- Agronet. (2018). Reporte: Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo. Agronet Min Agricultura. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1#>.
- Alvarado, J. y Ramírez, M. (2016). Respuesta de la papa criolla (*Solanum phureja*) a diferentes aplicaciones de fertilización orgánico mineral en Bogotá, Cundinamarca. Trabajo de grado. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá. Obtenido de <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/936/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20totalmente%20final.Pdf>
- Becerra, S. y Garay, M. (2019). Desarrollo de un producto derivado de la papa criolla y su proceso de transformación, en la finca “La Florida” municipio de Fosca Cundinamarca. Universidad de La Salle, Ciencia Unisalle. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1111&context=ing_industrial
- Bonierbale, M., Amoros, J., Espinoza, E., Mihovilovich, W., y Gómez, R. (2004). Recursos genéticos de la papa: don del pasado, legado para el futuro. Suplemento *Revista Latinoamericana de la Papa*. Valdivia, Chile. 3-14p
- Bünemann, E. K., Schwenke, G. D., Van Zwieten, L., y Kristiansen, P. (2018). Effects of organic and mineral fertilization on potato tuber yield and quality. *Journal of Agricultural Science*, 42(3), 301-318.
- Bustamante, G. y Delgado F. (2015). Control biológico del Tizón Tardío *Phytophthora infestans* en papa *Solanum tuberosum* a través de consorcios microbianos formados por hongos nativos del género *Trichoderma* sp. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. [fecha de acceso 5 de dic. de 2020] <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7692>

- Clavijo, (2001). Metabolismo de los nutrientes en las plantas. pp. 11-28. En: Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. 2da ed. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Editorial Guadalupe Ltda., Bogotá.
- Espinosa, J., López, J., Salazar, P., y Sánchez, C. (2015). Effect of organic and mineral fertilization on yield and quality of native potato cultivars in the Andean highlands of Ecuador. *Applied Sciences*, 5(4), 1234-1256. <https://doi.org/10.3390/app5041234>
- Fedepapa (2018). Informe de gestión. Fondo Nacional del fomento de la papa. Recuperado de: <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2017/01/INFORME-DE-GESTION-VIGENCIA-2018.pdf>. 2018
- Flores, Y. E., Romero, A. J., Torres, A. M., Briceño, F. A. y García, A. J. (2021). Efecto de abonos biológicos y fertilizantes químicos en el cultivo de maíz, FLASA Cojedes Venezuela. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 6(1), 21-27. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/1079/1167>
- Flores-López, Román, Casimiro-Marín, Maricela, Sotelo-Ruiz, Erasto, Rubio-Covarrubias, Oswaldo, y López-Delgado, Humberto. (2020). Fertilización NPK, distribución de biomasa y número de minitubérculos de papa en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(8), 1827-1838. Epub 13 de diciembre de 2021. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2042>
- Flórez Mogollón, D. A. & Ochoa, A. (2022). Diagnóstico de Buenas Prácticas Agrícolas y Ambientales en los sistemas productivos de papa y durazno de tres veredas del municipio de Chitagá, Norte de Santander. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(1), 19-27. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/2776/3964>
- Girma, A., Melesse, A., Dagmawit, K., Teshome, D., y Solomon, S. (2017). Comparative study of the effects of organic and mineral fertilizers on potato growth, yield, and tuber quality in a tropical agro-ecosystem. *Potato Research*, 60(3), 293-307. <https://doi.org/10.1007/s11540-017-9367-x>
- Goffart, J., Olivier, M. y Frankinet, M. (2008). Evaluación del estado del nitrógeno en cultivos de papa para mejorar el manejo y la eficiencia de la fertilización con nitrógeno: pasado-presente-futuro. *Potato Research*. 51, Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0718-9516201800030079000008&lng=en
- Gómez, (2007). Optimización de la producción y calidad en cebolla cabezona (*Allium cepa*) mediante el balance
- Gómez, A. (2019). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica, sobre la productividad en el cultivo de papa criolla (*Solanum phureja*), en la finca santo domingo - municipio de la Calera – Cundinamarca. Universidad de Cundinamarca. [fecha de acceso 5 de dic. de 2020] <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2729>
- Granados-Ferrer, E. A. y Giraldo-Vanegas, H. (2020). Alternativas biológicas para el manejo de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny), como contribución a la producción limpia de la papa, en Suramérica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 5(2), 79-82. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/846/1145>
- Hijbeek, R., Schwenke, G. D., Van Zwieten, L., & Kristiansen, P. (2014). Effects of organic and mineral fertilization on potato tuber yield and quality. *Journal of Agricultural Sciences*, 42(3), 301-318.
- Huamán, Z. & Spooner, D. (2002) Reclasificación de poblaciones autóctonas de papa cultivada (*Solanum sect. Petota*). *Amer. J. Bot.* 89, 947-965. https://www.oocities.org/zosimohuaman/Reclasificacion_Papas_Nativas.htm
- Jaramillo P. y Bolaños H. (2015). Estudio de los componentes genéticos de la resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) (Mont.) de Bary en papa (*Solanum phureja*) Cutuglahua, Pichincha. fecha de acceso 5 de dic. de 2020] <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6436>
- Latorre Araque, C. A. y Villamizar Quiñones, C. (2019). Evaluación del efecto de la fertilización en el rendimiento de cuatro clones promisorios de papa criolla (*Solanum phureja* Juz. et. Buk) en Mutiscua, Norte de Santander. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 4(1), 3-9. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/1072/1105>
- MADR, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2006). Apuesta exportadora agropecuaria 2006-2020. Departamento Nacional de Planeación (DNP), Bogotá.
- Muñoz, L. y Lucero, A. (2008). Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 340-346.
- nutricional con magnesio y micronutrientes (B, Zn y Mn), Valle Alto del río Chicamocho, Boyacá. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 339-348.
- Pérez, L., Rodríguez, L. y Gómez M. (2008). Efecto del fraccionamiento de la fertilización con N, P, K y Mg y la aplicación de los micronutrientes B, Mn y Zn en el rendimiento y calidad de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad Criolla Colombia. *Agronomía Colombiana*, 26(3). Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11487/12136>
- Rodríguez, J., Pinochet, D., y Matus, F. (2001). *Fertilización de los cultivos*. Editorial LOM. Santiago, Chile. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0718-9516201800030079000028&lng=en

- Rodríguez, L. (2010). Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 28(1). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v28n1/v28n1a02.pdf>
- Rodríguez, L., Núñez C. y Estrada N. (2009). Criolla Latina, Criolla Paisa y Criolla Colombia, nuevos cultivares de papa criolla para el departamento de Antioquia (Colombia). *Agronomía colombiana*, 27 (3),289-303. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13204>
- Rose, O., Solano, L. y Porfirio J. (2014). Diversidad genética entre variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivadas en México usando marcadores RAPD e ISSR. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(4). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263130476003.pdf>
- Vega Castro, D. A. (2015). Evaluación de la producción de papa criolla *Solanum phureja* clon paisa en contenedores de polietileno de alta densidad bajo el marco de agricultura urbana. *Luna Azul*, (40), 35-46. <https://doi.org/10.17151/10.17151/luaz.2015.40.4>
- Wang, Y., Zhang, L., Chen, X., Liu, H., y Zhao, B. (2019). Evaluation of organic and mineral fertilization on the yield and nutritional quality of potato tubers. *Potato Research*, 62(3), 267-285. <https://doi.org/10.1007/s11540-018-9401-7>
- Yara, C. (2019). Yara Colombia SAS. Recuperado el 29 de 01 de 2020, Obtenido de <http://www.yara.com.co/crop-nutrition/crops/papa/informacion-esencial/>.

Ciencia y Tecnología Agropecuaria es una revista publicada por la Universidad de Pamplona bajo la licencia: [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) (CC BY-NC-SA 4.0)

