



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,
Volumen 8, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5

**PRODUCCION DE PAPA
(SOLANUM TUBEROSUM) Y TIZON TARDIO
EN BOLIVIA**

**POTATO (SOLANUM TUBEROSUM) AND LATE BLIGHT
PRODUCTION IN BOLIVIA**

Juan Loayza Aguilar

Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

Zenobio Villca Gómez

Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

Juan Carlos Canqui Villarroel

Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14644

Producción de Papa (*Solanum tuberosum*) y Tizon Tardío en Bolivia

Juan Loayza Aguilar¹

loaza.ag@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-7281-9879>

Universidad Técnica de Oruro
Bolivia

Zenobio Villca Gómez

zvillcag@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-7358-4216>

Universidad Técnica de Oruro
Bolivia

Juan Carlos Canqui Villarroel

jc_borregos@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-9110-8822>

Universidad Técnica de Oruro
Bolivia

RESUMEN

El objetivo del estudio es recopilar información científica respecto a la producción de papa, sus dificultades, enfermedades frecuentes como el tizon tardío de papa y como puede afectar a la producción de este tubérculo en la región altiplánica. La metodología de recolección de información relevante respecto a producción y enfermedad del tizon tardío de la papa, sobre estudios científicos realizados y relacionados con la afectación a la producción de la papa (*Solanum tuberosum*), generalmente con la revisión de artículos científicos publicados. Las conclusiones en base a la revisión, la producción y rendimiento de papa en Bolivia es bajo respecto a la producción regional y mundial, el rendimiento para la papa Huaycha en los Estados Unidos de Norteamérica es 46444 kg/ha, Argentina de 29255 kg/ha, para Chile de 23793 kg/Ha., para Brasil de 18399 kg/ha y para Bolivia de 5457 kg/ha., respecto al control del tizon tardío de la papa también estamos atrazados y es una imperiosa necesidad la incorporación de Ingeniería genética para el control, tomando en cuenta que el control biológico y químico no son suficientes y eficaces.

Palabras clave: producción de papa, rendimiento, tizon tardío, control químico, genes Rpi

¹ Autor principal

Correspondencia: loaza.ag@gmail.com

Potato (*Solanum tuberosum*) and Late Blight Production in Bolivia

ABSTRACT

The objective of the study is to collect scientific information regarding potato production, its difficulties, frequent diseases such as potato late blight and how it can affect the production of this tuber in the highland region. The methodology for collecting relevant information regarding potato late blight production and disease, on scientific studies carried out and related to the impact on potato (*Solanum tuberosum*) production, generally with the review of published scientific articles. The conclusions based on the review, the production and yield of potatoes in Bolivia is low compared to regional and world production, the yield for the Huaycha potato in the United States of America is 46,444 kg/ha, Argentina is 29,255 kg/ha. For Chile, 23,793 kg/ha, for Brazil, 18,399 kg/ha, and for Bolivia, 5,457 kg/ha. Regarding the control of potato late blight, we are also behind and the incorporation of genetic engineering is an urgent need to control, taking into account that biological and chemical control are not sufficient and effective.

Keywords: potato production, yield, late blight, chemical control, Rpi genes

Artículo recibido 10 septiembre 2024

Aceptado para publicación: 12 octubre 2024



INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) es un cultivo de amplia difusión y producción nacional y mundial, es uno de los alimentos más demandados a nivel nacional y mundial, su importancia radica en la cotidiana utilización de la alimentación de las personas por su amplia accesibilidad.

La región altiplánica central de Bolivia presenta dificultades para la producción del cultivo de la papa, por los eventos adversos que se presentan como ser las heladas frecuentes, las sequías prolongadas en la época de producción.

Pero también es un factor importante que reduce la producción de la papa, las enfermedades que afectan al cultivo de la papa (*Solanum Tuberosum*), como el Tizon tardío (*Phitoptora infestans*).

El objetivo del estudio es recopilar información científica respecto a la producción de papa, sus dificultades, enfermedades frecuentes como el tizon tardío de papa como puede afectar a la producción de este tubérculo en la región altiplánica.

En base a una metodología de recolección de información relevante respecto a producción y enfermedad del tizon tardío de la papa, sobre estudios científicos realizados y relacionados con la afectación a la producción de la papa (*Solanum tuberosum*), generalmente con la revisión de artículos científicos publicados.

La insuficiente capacitación de productores sobre paquetes tecnológicos, el control adecuado de enfermedades, fertilización, incluyendo labores culturales desde la siembra hasta la cosecha, resultado de bajos índices de producción y productividad en el cultivo de papa en la región del altiplano central, impide una competencia ideal con la producción a nivel del contexto de Sudamérica. También existen muchas dificultades de carácter climatológico asociado a la fertilización y buen manejo del cultivo de la papa en el altiplano central de Bolivia, esto se refleja como resultado la baja producción y productividad en el cultivo, siendo la papa uno de los alimentos que son consumidos a diario. La escasa aplicación de los abonos completos en las etapas del cultivo ocasiona disminución en la producción y una baja rentabilidad de los productores.

Esto implica como justificativo significativo para realizar estudios que permitan aumentar la producción de papa en el Altiplano Central.

Tomando en cuenta que los rendimientos de la papa (*Solanum tuberosum*) a nivel nacional de Bolivia y también a nivel regional del Altiplano central de Bolivia son bajos respecto a los reportados a nivel mundial e incluso a nivel de sudamerica, es importante subir estos rendimientos con nuevas variedades que se adapten a nivel regional del altiplano central de Bolivia.

DESARROLLO

Producción del cultivo de papa en Bolivia

En la importancia de la alimentación mundial, la papa (*Solanum tuberosum*) ocupa el tercer lugar, después del trigo y del arroz. Argentina es el tercer país en producción a nivel Sudamérica, y está entre los 30 países con mayor producción en el mundo (Storani & Yanovsky, 2018)

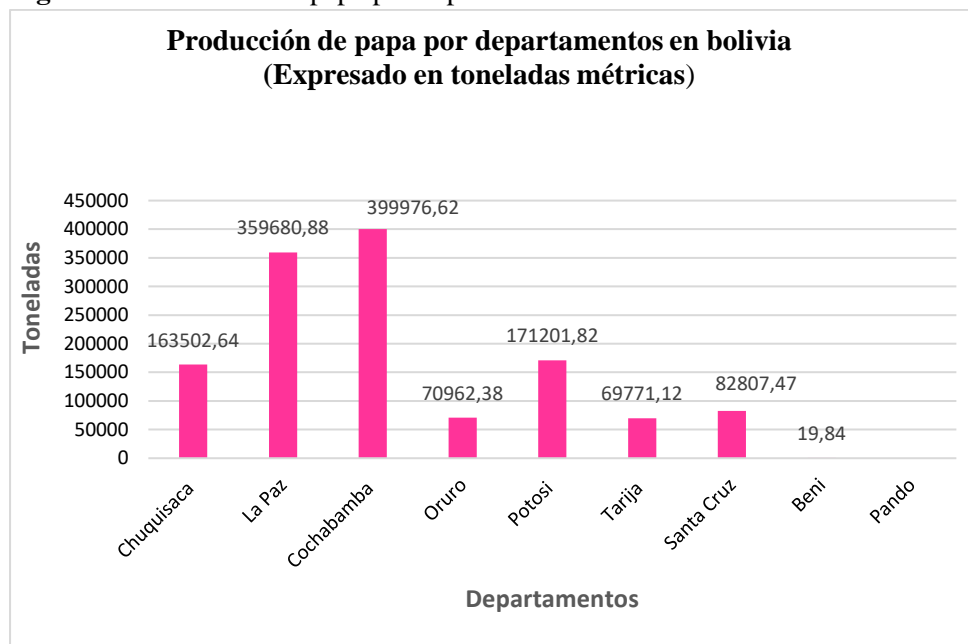
La producción de papa (*Solanum tuberosum*), conocida como Ch'oqe en el mundo aimara en Bolivia muestra un registro 230 variedades de un total de 4500 reportadas en el planeta tierra, ocupa el cuarto puesto en orden de consumo en la tierra, después del cultivo de arroz, maíz y trigo, aporta con un mayor porcentaje de carbohidratos en la dieta alimentaria de millones de individuos países en desarrollo, Sudamérica, África, y el continente asiático. (Ticona Flores, 2023)

Bolivia tiene un potencial de producción de papa y también la población es propensa al consumo del tubérculo de la papa, esto hace siempre que siempre debemos buscar estudios que nos permitan encontrar alternativas de un mejor rendimiento para este cultivo, consideramos que con un estudio del control sanitario de enfermedades y la aplicación de nuevas tecnologías de fertilización podemos mejorar los rendimientos por unidad de superficie, algunos antecedentes que debemos considerar en este estudio son:

En el ciclo agrícola 2020 – 2021, los datos del Instituto Nacional de estadística (INE)- Bolivia, Bolivia alcanzo una producción de papa de 1.272.649 Tn. en una superficie total de 191.321 Has. (Hectáreas), alcanzando el rendimiento medio de 6.65 Tn./ha., en cambio en la Campaña agrícola 2019 – 2020 el total producido alcanzó los 1.317.923 Tn. y un rendimiento de 7.2 Tn./ha. (Ticona Flores, 2023).

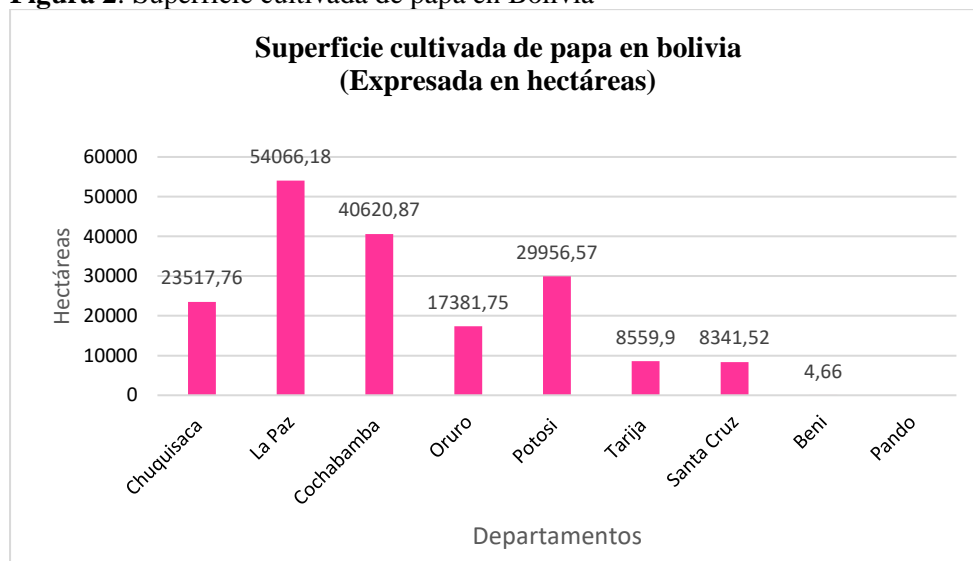
Respecto al rendimiento en papa Huaycha (Ticona Flores, 2023), indica el rendimiento en los Estados Unidos de Norteamérica es 46444 kg /ha, Argentina de 29255 kg/ ha, para Chile de 23793 kg /Ha., para Brasil de 18399 kg /ha. y para Bolivia de 5457 kg/ ha.

Figura 1: Producción de papa por departamentos



Fuente: Ticona, 2023

Figura 2: Superficie cultivada de papa en Bolivia



Fuente: Ticona, 2023

Otra investigación realizada en el Centro Experimental Cota Cota, Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, determina como resultados, rendimiento promedio de la variedad Huaycha 12790 kg/ha, la variedad Imilla 9520 kg/ha. Con la aplicación de tierra negra (250 m³/ ha.) + 160-0-80 (N-P-K), el rendimiento promedio llegó a 15160 kg/ha., con 160-0-80 (NPK) se obtuvo un rendimiento de 8880 kg/ha. y con 80-0-40 (N-P-K) se obtuvo 9430 kg/ ha.

Los rendimientos obtenidos en esta investigación, están por encima del promedio nacional, sin embargo no alcanzan a los promedios de los países de Sudamérica. (Oliver Cortéz, 2017)

El Tizón Tardío de la papa

El agente causal del tizón tardío, es el hongo *Phytophthora infestans*, posiblemente es una de las enfermedades más relevantes y presentes en la papa boliviana y también a nivel mundial. Cuando se presenta las condiciones ideales de temperatura y humedad relativa es la causante considerable de pérdidas de carácter económico, reduciendo la producción de papa y si no existe un control adecuado puede ocasionar hasta un 100% de pérdidas en la producción. (Parker & Navia M., 1991)

Características y Ciclo de Vida del Patógeno *Phytophthora infestans*

El tizón tardío es una de las enfermedades causada por el hongo del *Phytophthora infestans*, esta enfermedad es una de las más importantes a nivel mundial, está presente casi en todas las áreas de cultivo de papa a nivel mundial, ocasionando pérdidas significativas especialmente en las regiones templadas y cálidas. (Forbes & Pérez, 2008)

Ciclo de vida

Asexual. Cuando las condiciones son adecuadas de temperatura baja y agua libre, los esporangios emergen originando de 8 a 12 zoosporas unicleadas biflageladas. Dentro del esporangio se desarrollan las zoosferas que son liberadas una vez que se rompe la pared esporangial, flotando con absoluta libertad, luego las zoosferas se incrustan en superficies sólidas y luego toman una forma redondeada formando una pared celular, posteriormente con una humedad adecuada desarrollan un tubo germinativo y penetran en la hoja de la planta por la cutícula, después el micelio desarrolla intercelularmente creando haustorios en las células de la planta de papa. (Forbes & Pérez, 2008)

Sexual. En la reproducción sexual del *Phytophthora infestans*, deben intervenir dos tipos de apareamiento A_1 y A_2 , cuyo resultado de esta unión da origen a las oosporas. (Acuña, Sandoval, & Sepúlveda, 2021)

Impacto Económico y Social del Tizón Tardío en la Producción de Papa en Bolivia

La papa (*Solanum tuberosum*), constituye el alimento principal en el consumo de las familias de los países de América Latina, efecto del Cambio Climático emergente surgen problemas en la producción

de papa especialmente los factores bióticos y abióticos. Uno de los factores bióticos emergentes es el del Tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*). El Tizón tardío de la papa es una enfermedad de mayor incidencia a nivel global, ocasionando pérdidas de hasta un 100% en la producción en condiciones favorables. El Tizón Tardío tiene su origen en América, desarrollando de manera evolutiva junto a la papa (*Solanum tuberosum*). (Acuña , y otros, 2023) Estados Unidos de Norteamérica ha sido asolado por el tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary) de la papa (*Solanum tuberosum* L.) durante 150 años antes de los años 2002, el impacto de pérdidas económicas, por efecto del control químico con fungicidas y las pérdidas de carácter económico por la disminución de rendimiento estuvo evaluado por más de 287 millones de dólares, un cuarto de este costo total correspondía al uso de fungicidas. (Romero Montes, Lozoya Saldaña, Mora Aguilera, Fernández Paiva, & J. Grünwald, 2012)

Experiencias Exitosas de Manejo del Tizón Tardío en Otras Regiones del Mundo

Para determinar el conocimiento por parte de los productores de papa sobre la enfermedad del Tizón Tardío (Ortiz, Winters, & Fano, 1999), determinaron que el control químico (en base a fungicidas como el mancozeb y metalaxyl) es el de mayor uso con un promedio de 6.6 aplicaciones, también está el uso de variedades resistentes a la enfermedad y la siembra en diferentes fechas.

En el control químico y biológico del Tizón tardío de la papa, podemos indicar algunos resultado exitosos como el estudio en Cochabamba Bolivia, realizado por (Donaire Eguivar & Garcia, 2006), en el microcentro del cantón Candelaria, Municipio de Colomi existe una biodiversidad de 60-70 variedades de papa, susceptibles al tizón tardío (*Phytophthora infestans*), probaron un tratamiento agroecológico en base a extracto de cola de caballo (*Equisetum giganteum* L.), caldo Bordelés combinado con un fungicida químico de baja toxicidad (2 aplicaciones del fungicida sistémico con ingrediente activo Metalaxyl-M Mancoceb); comparando con el tratamiento químico (7aplicaciones de fungicida sistémico y de contacto). Resultando el de mayor eficacia el tratamiento agroecológico y también este tratamiento tiene menor impacto para el medio ambiente y el productor. La aplicación de productos naturales en base a aceites esenciales para el control del Tizón Tardío, es una alternativa más ecológica y menor impacto en el ecosistema. (Cruz Trujillo, Hernández Gutiérrez, Sánchez Leal, & Fuentes Quintero, 2022)



La variedad de papa INIAP-CIP-Libertad desarrollada mediante el proceso de mejoramiento y selección en Ecuador, posee un ciclo vegetativo menor a 120 días, rendimiento superior a 30 tn/ha. y una buena resistencia al Tizón Tardío de la papa. (Oyarzún, Kromann, Taipe , Monteros , & Andrade Piedra, 2022)

En el contexto de Cambio Climático en escenarios de temperaturas altas ($\geq 23^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$) el efecto de la enfermedad del Tizón Tardío de la papa es mucho menor. (Wilches Ortíz, Vargas Diaz, & Espitia Malagón, 2022)

La investigación realizada por (Moncayo, Delgado , Marcillo , Salazar , & Betancourth, 2019) En la localidad de Altiplano de Pasto al Sur de Colombia, como objetivo evaluó la reacción de genotipos de *Solanum Tuberosum* en grupos de purheja y andigena. Llegando a resultados de que no se cuenta fuentes de resistencia dentro de los grupos estudiados, pero si un rendimiento superior de genotipos como Criolla Colombia y Andina. (Moncayo, Delgado , Marcillo , Salazar , & Betancourth, 2019)

Uno de los cultivos de gran impacto económico es la papa, pero también es afectada por patógenos como el hongo *Phytophthora infestans* causante del tizón tardío, para su control se ha utilizado fungicidas que tienen un impacto negativo en las personas y el medio ambiente. Como alternativa se ha utilizado para el control del Tizón Tardío de la papa genes RPI desarrollados a partir de parientes silvestres de la papa. La ingeniería genética permite la transferencia directa de los genes de resistencia de especies silvestres a especies de papa cultivada para el consumo masivo, mediante una piramidalización múltiple de genes RPI. (Paluchowska, Sliwka, & Yin, 2022)

Las variedades de papa silvestre son fuentes de una diversidad de variación genética, su característica es la alta resistencia a muchas enfermedades incluida el Tizón Tardío, utilizados por más de 100 años. En la actualidad se ha identificado más de 70 Genes Rpi mapeados e identificados 32 especies de *Solanum*, derivadas de las tuberculosas 25: 9 mexicanas, 6 bolivianas, 4 peruanas, 3 argentinas, 1 paraguaya, 1 de estados Unidos y una encontrada en los Andes. (Paluchowska, Sliwka, & Yin, 2022)

CONCLUSIONES

En conclusion , la produccion y rendimiento de papa en Bolivia esta demasiado bajo respecto a la produccion regional y mundial, respecto al control del tizon tardio de la papa tambien estamos atrasados y es una imperiosa necesidad la incorporacion de Ingenieria genetica en el control, tomando en cuenta



que el control biológico y químico no son suficientes y eficaces, también indicar a mayor presencia de humedad y temperatura la incidencia de la enfermedad del tizón tardío es mucho mayor, a diferencia del contexto del Altiplano Central de Bolivia donde la Humedad y temperatura son relativamente bajos respecto a los valles y el trópico de Bolivia

Agradecimientos

El presente estudio fue realizado gracias al apoyo logístico y financiero de la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad Técnica de Oruro y el Instituto de INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL (INIAF- BOLIVIA), Facultad de Ciencias Agrarias y Naturales (Departamento de Agronomía) nuestro profundo agradecimiento por su amplia colaboración en esta investigación.

Aspectos Éticos

La investigación ha sido aprobada por la Dirección de Investigación de la Universidad Técnica de Oruro y siguió las pautas establecidas para este proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acuña, I., Lucca, F., Tello, C., Morales, R., Sepúlveda, C., Gutiérrez, A., & Bravo, R. (2023). *Alerta temprana para el manejo del Tizón tardío de la papa. ATN/RF 16678 RG*. FONTAGRO. Obtenido de <https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16678 - Informe Final .pdf>
- Acuña, I., Sandoval, C., & Sepúlveda, C. (2021). *Enfermedades de la papa, plataforma de evaluación de riesgo sanitario*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Chile. Obtenido de <https://enfermedaes papa.inia.cl>.
- Cruz Trujillo, J., Hernández Gutiérrez, V., Sánchez Leal, L., & Fuentes Quintero, L. (2022). Alternativas de control biorracionales sobre *Phytophthora infestans*, fitopatógeno causante de la gota en papa. *Nova*, 19(36). doi: <https://doi.org/10.22490/24629448.5287>
- Donaire Eguivar, R., & Garcia, W. (2006). Alternativa agroecológica para el control del tizón tardío, *Phytophthora infestans* de la papa en Colomi-Bolivia. *Acta Nova*, 3(3), 564.
- Forbes, G., & Pérez, W. (2008). *El Tizón Tardío de la papa*. Instituto de investigaciones Agropecuarias. Centro Regional Remehue. Perú: Comercial Gráfica Sucre. Obtenido de <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/004271.pdf>

- Moncayo, J., Delgado, R., Marcillo, C., Salazar, C., & Betancourth, C. (2019). Reacción de genotipos *Solanum tuberosum* grupos andígena y phureja al tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. De Bary). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36. doi: <https://doi.org/10.22267/rcia.1936e.113>
- Oliver Cortéz, J. (Diciembre de 2017). Rendimiento de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) con la aplicación de tierra negra y fertilizantes inorgánicos. *Revista de investigación e innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 4(2), 56-62.
- Ortiz, O., Winters, P., & Fano, H. (1999). Percepción de los Agricultores sobre el problema del Tizón Tardío o rancho (*Phytophthora infestans*) su manejo: Estudio de casos en Cajamarca, Perú. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 11(1), 97-120. doi: <https://doi.org/10.37066/ralap.v11i1.98>
- Oyarzún, P., Kromann, P., Taipe, A., Monteros, J., & Andrade Piedra, J. (2022). INIAP-CIP-LIBERTAD VARIEDAD DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL Y ALTA CALIDAD. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 26(1). doi: <https://doi.org/10.37066/ralap.v26iN1.440>
- Paluchowska, P., Sliwka, J., & Yin, Z. (2022). Late blight resistance genes in potato breeding. *Planta*, 255(6), 127. doi: <https://doi.org/10.1007/s00425-022-03910-6>
- Parker, J., & Navia M., O. (1991). Estrategias de control químico del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 4(1), 115-126.
- Romero Montes, G., Lozoya Saldaña, H., Mora Aguilera, G., Fernández Paiva, S., & J. Grünwald, N. (2012). RENDIMIENTO DE PAPA EN FUNCIÓN DE EPIDEMIA POR TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans* Mont de Bary). *Fitotec*, 35(1), 69-78.
- Storani, L., & Yanovsky, M. (2018). Transmisión “intergeneracional” (agámica) de la tolerancia al estrés hídrico en *Solanum tuberosum* cv. Achat. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 44(3), 344-350. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86458368007>
- Ticona Flores, O. (2023). *La papa en Bolivia, situación actual y alternativas*. La Paz Regional Altiplano: CIPCA.



Wilches Ortíz, W., Vargas Díaz, R., & Espitia Malagón, E. (2022). Efectos del clima y su relación con el tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Siembra*, 9(2). doi: <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.4008>

