



Análisis del rendimiento de la producción de la papa en los departamentos de Antioquia, Boyacá y Cundinamarca, Colombia

Analysis of the performance of potato production in the departments of Antioquia, Boyacá and Cundinamarca, Colombia

Dailyn Alejandra Barrera Rodríguez¹  , Oscar Mauricio Gómez Miranda¹  , Yenny Katherine Parra Acosta¹  

RESUMEN

Introducción: el presente estudio buscó analizar el rendimiento de la producción de papa en los departamentos de Antioquia, Boyacá y Cundinamarca, Colombia, durante el año 2021. El objetivo de la investigación fue poder identificar si existen diferencias significativas en el rendimiento de los cultivos de papa entre estos departamentos.

Metodología: la investigación se realizó mediante la aplicación de un modelo ANOVA (Análisis de Varianza) sobre una muestra de 494 datos de rendimiento agrícola, extraída de una base de datos proveniente de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Resultados: los resultados obtenidos revelan que Cundinamarca obtuvo el mayor rendimiento promedio de 19.67 (T/ha) y la menor dispersión de los datos, lo que podría indicar la existencia de una mayor estabilidad en su producción. Por otro lado, Antioquia es el departamento con menor rendimiento promedio, 15.26 (T/ha), y la mayor varianza, lo que indica una mayor heterogeneidad en los rendimientos en comparación con los otros departamentos.

Conclusiones: el análisis ANOVA desarrollado confirmó la hipótesis de existencia de diferencias significativas entre los rendimientos de los tres departamentos.

Palabras clave: agricultura, análisis comparativo, cultivo, productividad.

Clasificación JEL: L11, L16.

Recibido: 10-02-2023

Revisado: 25-04-2023

Aceptado: 15-06-2023

Publicado: 04-07-2023

Editor: Alfredo Javier Pérez Gamboa 

¹Universidad Militar Nueva Granada. Cajicá, Colombia.

Citar como: Barrera Rodríguez, D. A., Gómez Miranda, O. M. y Parra Acosta, Y. K. (2025). Análisis del rendimiento de la producción de la papa en los departamentos de Antioquia, Boyacá y Cundinamarca, Colombia. *Región Científica*, 4(2), 2025479. <https://doi.org/10.58763/rc2025479>

ABSTRACT

Introduction: this study sought to analyze the yield of potato production in the departments of Antioquia, Boyacá, and Cundinamarca, Colombia, in 2021. The objective of the research was to identify if there are significant differences in the yield of potato crops between these departments.

Methodology: the research was carried out by applying an ANOVA (Analysis of Variance) model on a sample of 494 agricultural yield data extracted from a database from the Rural Agricultural Planning Unit (UPRA).

Results: the results obtained reveal that Cundinamarca obtained the highest average yield of 19.67 (T/ha) and the lowest dispersion of the data, which could indicate the existence of greater stability in its production. On the other hand, Antioquia is the department with the lowest average yield, 15.26 (T/ha), and the highest variance, indicating greater heterogeneity in yields compared to the other departments.

Conclusions: the ANOVA analysis developed confirmed the hypothesis of the existence of significant differences between the performances of the three departments.

Keywords: agriculture, comparative analysis, cultivation, productivity

JEL classification: L11, L16.

INTRODUCCIÓN

La papa es un alimento esencial, no solo por su valor nutritivo y su versatilidad para preparaciones de cocina, sino también por su capacidad para crecer en diversos climas y condiciones ambientales (Benalcázar-Sánchez & Urresta-Yépez, 2024). La papa es un tubérculo que aporta carbohidratos, vitaminas y minerales (Sifuentes-Ibarra et al., 2023). Así, se ha establecido como un alimento clave para la producción y el consumo de los habitantes del mundo, por lo que su aporte ha sido básico para buscar la seguridad alimentaria. Para el año 2023 se estima que la producción mundial de



Atribución No Comercial Compartir Igual 4.0 Internacional.

la papa estuvo sobre los 375 millones de toneladas. Esto que refleja un leve crecimiento frente a los últimos años, utilizando cerca de 18 millones de hectáreas productivas para este propósito (Fondo Nacional de Fomento a la Papa, 2024). Este desarrollo ha estado impulsado principalmente por China, al concentrar el 26% de la producción global.

Esta situación también se ha reflejado en Colombia, que si bien ha llegado a ocupar el puesto 27 como productor (Corpus Arrieta, 2019), es un producto que se considera clave para impulsar la economía rural de la nación (Barrientos et al., 2014; Mishra et al., 2024). Esta situación se ha reflejado por su alto consumo interno, lo que le ha permitido ser un alimento de referencia de los campesinos. Este sector involucra a 100.000 familias cultivadoras en el país, así como a transportistas y trabajadores de la cadena de suministro, por lo que tiene, tanto de forma directa como indirecta, más de 350.000 empleos en Colombia (ICA, 2024).

En este sentido, se convierte en un producto clave del agro colombiano, al ofrecer una fuente de ingreso y sustento para las comunidades rurales, así como para su cadena de valor extendida (Ordinola & Devaux, 2021). Ello se debe a que, aun cuando es un cultivo transitorio, proporciona una estabilidad económica por la alta demanda estacionaria del producto, especialmente en la región andina (Desalegn, 2021). Por consiguiente, la papa no solo es uno de los cultivos que más contribuyen a la seguridad alimentaria en Colombia, por su precio y accesibilidad, sino que también es una fuente vital de empleo en las regiones productoras (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA, 2021).

Ante esta importancia, el gobierno y diversas organizaciones no gubernamentales, como Fedepapa, han promovido iniciativas para modernizar el sector, con el objetivo de mejorar la productividad a través de prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles. En Colombia, los departamentos de Antioquia, Boyacá y Cundinamarca son los principales productores (Fondo Nacional de Fomento a la Papa, 2024), y cada uno de ellos presenta características agroclimáticas que afectan la productividad de la papa, lo que genera variaciones en su rendimiento.

El rendimiento agrícola es un indicador en la agricultura que refleja la cantidad de producción obtenida en una determinada área de cultivo. Generalmente, este rendimiento se expresa en kilogramos o toneladas por hectárea, lo que permite a los agricultores y a los analistas comprender la eficacia de sus prácticas agrícolas. Sin embargo, el rendimiento no es un valor estático; está sujeto a la influencia de diversos factores que pueden afectar su variabilidad. Entre estos factores se encuentran las condiciones climáticas, las propiedades del suelo y las características genéticas de las plantas, las cuales pueden provocar diferencias significativas en los resultados de un ciclo de cultivo a otro (Seminario Cunha et al., 2021).

El cálculo del rendimiento agrícola se realiza dividiendo la producción total de un cultivo por el área cultivada. Este resultado se mide en toneladas métricas por hectárea (T.M./ha) y está determinado tanto por la densidad de plantas sembradas por hectárea como por la productividad individual de cada planta. Por lo tanto, una alta densidad de siembra no siempre garantiza un elevado rendimiento; es fundamental que las condiciones del cultivo sean óptimas para que cada planta pueda desarrollarse adecuadamente y alcanzar su máximo potencial.

Evaluar el rendimiento agrícola permite a los agricultores y a los responsables de políticas agrícolas tomar decisiones informadas sobre la gestión de los recursos. Un rendimiento elevado no solo indica que se está utilizando la tierra de manera eficiente, sino que también sugiere que los recursos disponibles, como el agua, los nutrientes, los abonos, los plaguicidas y los pesticidas, están siendo aprovechados de la mejor manera posible. Esto se traduce en una mayor producción de alimentos y en la posibilidad de satisfacer la demanda alimentaria de la población (Duchenne-Moutien & Neetoo, 2021).

En este sentido, el presente análisis tiene como propósito identificar cuál de los 3 departamentos expuestos tuvo el mayor rendimiento en 2021, utilizando una base de datos agrícola que proporciona información detallada sobre la producción en estas regiones. Para este propósito se utilizó el modelo ANOVA (Análisis de Varianza), el cual permitió determinar si existen diferencias significativas en el rendimiento entre los tres departamentos, con el fin de ofrecer datos que permitan entender mejor las variaciones en la producción y qué factores influyen en el desempeño de cada región.

Por consiguiente, este documento proporciona una visión sobre la variabilidad en el rendimiento de la papa y ofrece recomendaciones para mejorar los factores que afectan su producción en Colombia. Es importante recordar que, a partir del año 2020, la producción agropecuaria en Colombia se vio afectada por la pandemia de COVID-19, lo que provocó modificaciones en el rendimiento de los cultivos, incluida la papa, razón por la cual se toma el año base de 2021 por su importancia coyuntural.

METODOLOGÍA

El presente trabajo siguió una metodología de carácter cuantitativo, al centrarse en el análisis de datos numéricos sobre la productividad de la papa, en los departamentos de Antioquia, Boyacá y Cundinamarca. De igual forma, tuvo un alcance descriptivo, al ofrecer una descripción de las principales características que afectaron las variables definidas, las cuales se muestran en la tabla 1, sin pretender generar experimentos o cambios en estas.

Tabla 1.

Variables utilizadas en la investigación

Variables	Descripción
Departamento	Describe los departamentos de Colombia de muestra: Cundinamarca, Antioquia y Boyacá.
Rendimiento	Describe la cantidad de producción en hectáreas (h)

Fuente: elaboración propia

Para desarrollar la investigación, se utilizó la base de datos disponible en la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA (EVA). En esta base se organizaron y estandarizaron los datos para centrarse en el rendimiento de la producción de papa de los tres departamentos establecidos. Para esto, se evaluaron y compararon dichos rendimientos por medio de un modelo de análisis de varianza - ANOVA.

El modelo de ANOVA, análisis de varianza, es un método estadístico empleado para examinar las diferencias en las medias de tres o más grupos. Este modelo es utilizado para contrastar la hipótesis nula (H_0), la cual sostiene que tres o más medidas poblacionales podrían comportarse de maneras similares, frente a la hipótesis alternativa (H_a), que plantea que al menos una de las medidas es distinta (Chen et al., 2022).

Así, el modelo de ANOVA permitió comparar los rendimientos de la producción de la papa en los departamentos de Antioquia, Boyacá y Cundinamarca durante el año 2021, donde se buscó determinar si existen diferencias significativas entre los rendimientos. En este sentido, se extrajo de la base de datos de la UPRA los rendimientos de cada uno de los departamentos por contrastar, donde se obtuvieron 494 datos distribuidos, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2.

Distribución de datos de rendimiento por departamento

Departamento	Número de datos
Antioquia	82
Boyacá	226
Cundinamarca	186
Total	494

Fuente: elaboración propia

Finalmente, al obtener el comportamiento del rendimiento de cada uno de los departamentos, se procedió a analizarlos y a determinar primero si existía alguna relación entre la variación de rendimiento en cada uno y, por otra parte, se buscó observar cuál de estos tres departamentos posee un mejor rendimiento frente a los demás y qué motivos generaron este fenómeno.

RESULTADOS

Como se muestra en la tabla 3, la cual muestra el análisis de varianza (ANOVA) realizado sobre los rendimientos de cada uno de los tres departamentos evaluados (Antioquia, Boyacá y Cundinamarca), se encuentran algunas diferencias significativas sobre los promedios obtenidos en cada uno de los departamentos. Teniendo principalmente un rendimiento promedio observado de 15.2698 (T/ha) para Antioquia, de 16.1062 (T/ha) para Boyacá y finalmente 19.6743 (T/ha) para el departamento de Cundinamarca. Así, este último departamento fue el que obtuvo el mayor rendimiento promedio. De esta manera, se puede inferir que Cundinamarca se destacó como el departamento más productivo en términos de rendimiento frente a los otros departamentos evaluados. Por otro lado, también se puede asegurar que Antioquia es el departamento que presenta el promedio más bajo.

Tabla 3.*Análisis de promedios y varianzas entre los 3 departamentos (Antioquia, Boyacá y Cundinamarca)*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Rendimiento Antioquia	82	1252.13	15.26987805	53.0791197
Rendimiento Boyacá	226	3640	16.10619469	34.1873872
Rendimiento Cundinamarca	186	3659.42	19.67430108	23.3447551

Fuente: elaboración propia

Además del análisis de los promedios, se puede destacar el análisis sobre las varianzas, las cuales revelan patrones interesantes para la investigación, observando que Antioquia presentó la mayor varianza en comparación con los demás, teniendo como valor un 53.0791, un resultado que podría indicar que existe una mayor dispersión en los rendimientos dentro del departamento de Antioquia. Por su lado, Boyacá y Cundinamarca presentaron una varianza de 34.1874 y 23.3446, respectivamente, pudiendo inferir que Cundinamarca dentro de la investigación no solo tiene el mayor rendimiento promedio, sino que también la menor dispersión en los datos obtenidos, lo que a su vez podría estar asociado a una mayor estabilidad o consistencia en el rendimiento del cultivo de papas en este departamento.

El modelo del ANOVA, por otro lado, y como se muestra en la tabla 4, arrojó un valor de F de 25.7164, que al ser comparado con el F crítico es considerablemente mayor con un valor del 3.0140. Además, el valor de probabilidad o P-Value fue de 2.3909e-11, lo que a simple vista es significativamente inferior al nivel de significancia tomado en la investigación del 5% (0.05). Esto lleva a que dentro de la investigación de los rendimientos de la producción de la papa se llegue a rechazar la hipótesis nula (H_0) de igualdad en los rendimientos promedio entre los 3 departamentos. Por lo tanto, se encuentra que al analizar el rendimiento de los cultivos de papa con el modelo de ANOVA, existen diferencias significativas entre los rendimientos obtenidos en Antioquia, Boyacá y Cundinamarca.

Tabla 4.*Análisis de las hipótesis obtenidas del modelo ANOVA frente al rendimiento de los departamentos evaluados*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1708.523974	2	854.261872	25.7163991	2.39099E-11	3.014084671
Dentro de grupos	16310.31759	491	33.21856942			
Total	18018.84156	493				

Fuente: elaboración propia

Con lo anterior, los resultados del análisis evidencian que el departamento de Cundinamarca sobresale tanto en términos de rendimiento promedio como en consistencia en la producción de papa, lo que lo posiciona como el departamento más eficiente en términos de rendimiento en este estudio. Por otro lado, cabe aclarar que, aunque Antioquia muestra un rendimiento inferior comparado con los demás departamentos evaluados, su mayor varianza sugiere una heterogeneidad considerable en los datos. Este hallazgo podría indicar la necesidad de un análisis más profundo para comprender las fuentes de variabilidad en este Departamento. Por último, Boyacá, al obtener un rendimiento intermedio, se puede inferir que se encuentra en una situación relativamente equilibrada en su producción, aunque con una varianza también considerable como en el departamento de Antioquia.

DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación fue analizar el rendimiento de la producción de papa en los departamentos de Antioquia, Boyacá y Cundinamarca mediante el uso de un modelo de varianza (ANOVA), con el fin de determinar si existía una relación directa entre los rendimientos evaluados de cada uno de los cultivos de papa en estos departamentos. Al analizar los resultados obtenidos en la investigación, se encuentra la existencia de diferencias bastante significativas entre los rendimientos promedios de los tres departamentos evaluados, lo que podría sugerir que el rendimiento de los cultivos de papa puede variar según la región en la que se produzcan.

El análisis ANOVA realizado anteriormente reveló un valor de F de 25.7164, valor que es mayor al F crítico el cual fue de 3.0140. Por otro lado, este resultado va acompañado de un p-value extremadamente pequeño (2.3909e-11), un valor que contrastado con la significancia de la investigación (5%) es menor. Estos resultados obtenidos son estadísticamente significativos para la investigación realizada, ya que, proporcionan evidencia suficiente para poder rechazar la hipótesis nula (H_0) que se postulaba al inicio. Al respecto, la misma indicaba que no existían

diferencias en el rendimiento de los cultivos de papa entre los tres departamentos. Por ende, este resultado podría sugerir que las diferencias observadas en el rendimiento no pueden ser causadas por factores al azar, sino que estos rendimientos podrían estar vinculados a factores regionales que impactan el rendimiento, como el clima, la calidad del suelo y el acceso al agua.

Desde un punto de vista comparativo de la investigación, se puede afirmar que Cundinamarca no solo presenta el mayor rendimiento promedio de 19.67 toneladas por hectárea (T/ha), sino que también tiene la menor dispersión comparada (Varianza= 23.34). Este hallazgo podría indicar que sus rendimientos pueden ser más estables que los de otros departamentos. Por el contrario, Antioquia presentó un rendimiento promedio muy bajo (15.26 T/ha) frente a los otros departamentos evaluados y la mayor dispersión en sus datos (Varianza= 53.07), lo que puede sugerir que los rendimientos de la producción de papa para este departamento son más heterogéneos. Finalmente, Boyacá obtuvo un rendimiento promedio intermedio de 16.10 (T/ha) y una varianza del 34.18, lo que muestra una situación más equilibrada para el territorio boyacense en términos de rendimiento, aunque con una dispersión considerable para la investigación.

Estos resultados obtenidos con el ANOVA sobre el rendimiento de la producción de papa permiten evidenciar diferencias, las cuales podrían ser explicadas por factores climáticos en estas regiones (Raymundo et al., 2018) o el tipo de suelo (Setiawan & Inayati, 2020). Otro factor a considerar podrían ser los métodos empleados para los cultivos de papas (Buckseth et al., 2022), los cuales podrían influir en los rendimientos observados. Así, se podría inferir que Cundinamarca, como presentó un mayor rendimiento y menor varianza en comparación con los demás, podría estar beneficiándose por sus mejores condiciones agronómicas o por técnicas más eficientes en sus cultivos (Stark et al., 2020).

De esta manera, los hallazgos permiten identificar que para este estudio sí existe una relación significativa entre los rendimientos de los cultivos de papa en Antioquia, Boyacá y Cundinamarca. Estos resultados son relevantes no solo desde un punto de vista académico, sino también para el sector agrícola, sector que podría utilizar esta información para determinar estrategias que puedan ser empleadas para poder optimizar la producción de papa en las diferentes regiones del país.

Cabe mencionar que las diferencias significativas encontradas en el rendimiento de la papa entre Antioquia, Boyacá y Cundinamarca probablemente podrían reflejar la influencia de factores agroclimáticos específicos en cada departamento (Grados & Schrevens, 2019; Sandhu, 2022). Sin embargo, se requiere un estudio en cada departamento sobre las condiciones agronómicas ideales para el correcto cultivo de papa, como lo pueden ser sus suelos fértiles y sus prácticas de manejo agrícola estandarizadas.

En este sentido, estudios previos han demostrado que la consistencia en prácticas como la rotación de cultivos o el control de riego llega a influir directamente en la estabilidad del rendimiento agrícola (Restrepo, 2023). Asimismo, las condiciones del terreno, el clima estable y con recursos agrícolas homogéneos tienden a mostrar una menor dispersión en el rendimiento (Ordinola & Devaux, 2021). Razones que explicarían las diferencias de Cundinamarca con los demás departamentos.

Por su parte, Antioquia, con una mayor varianza y el rendimiento promedio más bajo, podría estar enfrentando una serie de desafíos agroclimáticos, tales como variaciones en la altitud por su ubicación geográfica, diferencias significativas en la calidad del suelo frente a los demás departamentos y el acceso a recursos hídricos (Grados & Schrevens, 2019). De igual forma, la dispersión indica una falta de estandarización en las condiciones del cultivo o el uso de insumos agrícolas variables. Este contraste encontrado podría deberse a factores como la fragmentación de las parcelas de cultivo o directamente la falta de acceso a tecnologías modernas de riego, fertilización y control de plagas sobre los cultivos en Antioquia en comparación con Cundinamarca y Boyacá (Gallo-García et al., 2020; King et al., 2020).

Además, es posible inferir que la variabilidad climática anual, incluyendo las precipitaciones y la temperatura media en cada región, juega un papel importante en la producción de papa (Grados & Schrevens, 2019). Al identificar los excesos de lluvia o niveles altos de precipitación, fenómenos que pueden causar enfermedades como el tizón tardío, que afecta de manera significativa el rendimiento de la papa (Tiwari et al., 2021), esto podría ser uno de los principales factores de los cuales se deriva la variabilidad en la producción en cada región. Así, la menor varianza de Cundinamarca podría deberse a una mejor gestión del riego o a condiciones climáticas que favorecen el cultivo durante el ciclo de crecimiento. Y a su vez, la variabilidad climática en Antioquia (Cure et al., 2022) podría estar contribuyendo a la dispersión en los rendimientos observados en la investigación, sugiriendo la necesidad de un monitoreo climático más detallado y el desarrollo de prácticas resilientes para mitigar los efectos de eventos climáticos adversos.

Asimismo, uno de los mayores desafíos para los agricultores es la gestión adecuada del agua, especialmente en épocas de sequía, como la que atraviesa el país desde el año 2024 (Vaca Agudelo, 2024). Por ello, se hace necesario revisar y optimizar las estrategias frente al ciclo de crecimiento de la papa, al necesitar un riego constante y controlado del cultivo (Sánchez D. & Meza A., 2015). Este reto es especialmente relevante en la fase de formación de los tubérculos, ya que, si el suministro de agua es insuficiente, la cosecha puede ser limitada. Por otro lado, un exceso de agua puede dañar las raíces y provocar enfermedades debido a la humedad. Todo ello convierte a los sistemas de riego en determinantes para que los agricultores puedan obtener una producción óptima y eficiente, sin comprometer la calidad del cultivo (Djaman et al., 2021).

Además, una correcta gestión del agua no solo mejora la cosecha actual, sino que también contribuye a la conservación de los recursos naturales, asegurando que la tierra siga siendo productiva en el futuro (Haverkort y MacKerron, 2023). Este enfoque integral busca no solo aumentar los rendimientos del cultivo, sino también garantizar que la papa continúe como una fuente clave de ingresos y alimento en el país, desde un enfoque de responsabilidad ambiental y social.

No obstante, aun con este contexto, es importante referenciar la capacidad de la papa para prosperar en condiciones de escasez de agua. Así, a partir de técnicas de cultivo adecuadas, este tubérculo puede cultivarse incluso en períodos de sequía, lo que lo hace aún más valioso en regiones donde el acceso al agua es un desafío constante. Lo que convierte a la papa en un recurso estratégico desde su enfoque de desarrollo sostenible (Sapakhova et al., 2023).

También se hace énfasis en los hallazgos obtenidos directamente hacia la implementación de prácticas agrícolas estandarizadas, ya que estas prácticas podrían mejorar los rendimientos en las regiones con mayor variabilidad, como Antioquia y Boyacá. Por consiguiente, la adopción de control de plagas, así como el uso de fertilizantes específicos según el tipo de suelo, podrían ayudar a reducir la heterogeneidad en los rendimientos de cada región. Para el sector agrícola en Colombia, estas prácticas no solo mejoran la productividad, sino que también pueden llegar a fortalecer la sostenibilidad a largo plazo de los recursos agrícolas.

Por otro lado, aunque el modelo ANOVA que se desarrolla en la investigación permite identificar diferencias estadísticamente significativas y comparativas en los rendimientos, el análisis no considera directamente factores específicos que podrían influir en la productividad agrícola. Ejemplo de esto podría ser la variedad de semilla utilizada, las técnicas de fertilización o el acceso a la tecnología agrícola en cada departamento. Estos factores que no considera el ANOVA pueden variar significativamente dentro de los departamentos, contribuyendo de manera significativa a la heterogeneidad observada en el rendimiento, especialmente en el departamento de Antioquia. Por ende, se recomienda la inclusión de estas variables en un análisis de regresión múltiple, en próximas investigaciones, pues podría ayudar a identificar la magnitud del impacto de cada factor en el rendimiento de la papa en las regiones estudiadas.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados del ANOVA, se concluye que existen diferencias significativas en los rendimientos de los cultivos de papa entre los tres departamentos analizados, lo que permite rechazar la hipótesis nula de igualdad sobre los rendimientos planteada al inicio. Este hallazgo pone en evidencia la influencia de factores regionales específicos en cada uno de los departamentos estudiados. De forma concreta, destacan las variaciones agroclimáticas, las prácticas agrícolas y la disponibilidad de tecnología, factores que pueden contribuir a las disparidades encontradas sobre la productividad.

La identificación de estos factores es fundamental principalmente para entender cómo los entornos locales pueden llegar a afectar el rendimiento de los cultivos de papa y sugiere que no todas las prácticas agronómicas son aplicables uniformemente a nivel nacional. Asimismo, la estabilidad en el rendimiento observada en Cundinamarca muestra que tanto el promedio de rendimiento más alto como la menor varianza se pueden deber al manejo agrícola eficiente y condiciones agroclimáticas favorables. Por lo cual, este departamento podría servir de modelo en futuras investigaciones para optimizar prácticas en cualquier región de Colombia, aplicando técnicas como el control estandarizado del riego y la fertilización, además de poder mejorar la selección de variedades de papa adaptadas a las condiciones climáticas variables específicas de cada región.

La alta varianza en Antioquia también es un resultado relevante, que indica una dispersión en el rendimiento. Esto sugiere que Antioquia se podría beneficiar de una mayor estandarización en sus métodos agrícolas, optimizando así la productividad y reduciendo la variabilidad, al igual que en Boyacá, región que presentó un rendimiento y varianza

intermedios, donde podrían considerar mejoras graduales en las técnicas de manejo de cultivos, con especial énfasis en estrategias de riego controladas y prácticas de conservación de suelos que aumenten la estabilidad del rendimiento.

Finalmente, con este estudio se abre paso a futuras investigaciones orientadas principalmente a identificar factores determinantes específicos en el rendimiento de la papa en Colombia, incluyendo una profundización más amplia de la mano con estudios de suelos, variedades de semilla utilizadas, disponibilidad de recursos hídricos y tecnologías innovadoras de cultivo empleadas. Donde un análisis longitudinal sería de valor para observar si las diferencias de rendimiento en la papa persisten a lo largo de los años, particularmente bajo condiciones climáticas cambiantes, o cambian de manera significativa.

Además, los resultados de este estudio ofrecen una base inicial para el diseño de políticas agrícolas adaptativas que lleguen a considerar de manera más implícita las condiciones particulares encontradas en cada región. De este modo, estos hallazgos son cruciales no solo para el aumento de la productividad, sino también para asegurar de manera óptima la estabilidad económica en las zonas rurales y avanzar hacia una seguridad alimentaria sostenible en Colombia.

Por consiguiente, esta investigación proporciona una línea para futuras investigaciones que estén orientadas a identificar los factores específicos que afectan la producción de papa en cada departamento del país, con el objetivo de mejorar la productividad de este tubérculo y de este modo reducir la variabilidad en los rendimientos obtenidos en un determinado periodo de tiempo, optimizando así el desarrollo agrícola en estas regiones clave del país.

REFERENCIAS

- Barrientos, J. C., Rondón, C., & Melo, S. E. (2014). Comportamiento de precios de las variedades de papa Parda Pastusa y Diacol Capiro en Colombia (1995-2011). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 272–286. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2011-21732014000200010&script=sci_arttext
- Benalcázar-Sánchez, R. N., & Urresta-Yépez, R. F. (2024). Estrategias para mejorar la competitividad en las asociaciones de los productores de papa en el cantón Bolívar, provincia del Carchi. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(4), 1–24. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n4/127>
- Buckseth, T., Tiwari, J. K., Singh, R. K., Kumar, V., Sharma, A. K., Dalamu, D., Bhardwaj, V., Sood, S., Kumar, M., Sadawarti, M., Challam, C., Naik, S., & Pandey, N. K. (2022). Advances in innovative seed potato production systems in India. *Frontiers in Agronomy*, 4, 956667. <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.956667>
- Chen, W.-H., Carrera Uribe, M., Kwon, E. E., Lin, K.-Y. A., Park, Y.-K., Ding, L., & Saw, L. H. (2022). A comprehensive review of thermoelectric generation optimization by statistical approach: Taguchi method, analysis of variance (ANOVA), and response surface methodology (RSM). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 169, 112917. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112917>
- Corpus Arrieta, G. (2019). Elementos diagnósticos en el sector agropecuario: Caso de la producción de papa en Boyacá. *Nova et Vetera*, 28, 3–20. <https://doi.org/10.22431/25005103.n28.1>
- Cure, J. R., Rodríguez, D., Pérez, M. M., Gutiérrez, A. P., Ponti, L., & Riaño, D. (2022). Variabilidad climática en los agroecosistemas cafeteros Colombianos. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7432718>
- Desalegn, W. (2021). Value chain analysis of vegetables (onion, tomato, potato) in Ethiopia: A review. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 108–113. <https://doi.org/10.17352/2455-815X.000096>
- Djaman, K., Irmak, S., Koudahe, K., & Allen, S. (2021). Irrigation Management in Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production: A Review. *Sustainability*, 13(3), 1504. <https://doi.org/10.3390/su13031504>
- Duchenne-Moutien, R. A., & Neetoo, H. (2021). Climate Change and Emerging Food Safety Issues: A Review. *Journal of Food Protection*, 84(11), 1884–1897. <https://doi.org/10.4315/JFP-21-141>
- Fondo Nacional de Fomento a la Papa. (2024). FAO ACTUALIZA SUS CIFRAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA A NIVEL GLOBAL. LA PAPA REGISTRA UN LIGERO AVANCE EN PRODUCCIÓN. <https://fedepapa.com/home/wp-content/uploads/2024/10/Boletin-185.pdf>

- Gallo-García, Y. M., Sierra-Mejía, A., Gutiérrez, P. A., & Marín-Montoya, M. (2020). Prevalencia de cinco virus de ARN en tubérculos-semilla de papa cultivados en Antioquia (Colombia). *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(1), 66–78. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(19\)66-78](https://doi.org/10.18684/BSAA(19)66-78)
- Grados, D., & Schrevens, E. (2019). Multidimensional analysis of environmental impacts from potato agricultural production in the Peruvian Central Andes. *Science of The Total Environment*, 663, 927–934. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.414>
- Haverkort, A. J., & MacKerron, D. K. (Eds.). (2023). Management of nitrogen and water in potato production. BRILL.
- ICA. (2024). El cultivo de papa, clave para la seguridad alimentaria, hambre cero y fortalecimiento del campo. <https://www.ica.gov.co/noticias/1ra-feria-nacional-papa>
- King, B. A., Stark, J. C., & Neibling, H. (2020). Potato Irrigation Management. En *Potato Production Systems* (pp. 417–446). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7_13
- Mishra, P., Alhussan, A. A., Khafaga, D. S., Lal, P., Ray, S., Abotaleb, M., Alakkari, K., Eid, M. M., & El-kenawy, E.-S. M. (2024). Forecasting Production of Potato for a Sustainable Future: Global Market Analysis. *Potato Research*, 67(4), 1671–1690. <https://doi.org/10.1007/s11540-024-09717-0>
- Ordinola, M., & Devaux, A. (2021). Desafíos y oportunidades para el sector papa en la zona andina en el contexto de la COVID-19. 25(1), 102–124. <https://hdl.handle.net/10568/114944>
- Raymundo, R., Asseng, S., Robertson, R., Petsakos, A., Hoogenboom, G., Quiroz, R., Hareau, G., & Wolf, J. (2018). Climate change impact on global potato production. *European Journal of Agronomy*, 100, 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.11.008>
- Sánchez D., M. A., & Meza A., R. E. (2015). Evaluación del rendimiento del cultivo de papa bajo la aplicación del riego deficitario (PRD) utilizando cintas de riego. *Anales Científicos*, 76(1), 21. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i1.760>
- Sandhu, S. K. (2022). Effect of Climate Variability on Potato Yield Under Different Agroclimatic Zones of Punjab. *Potato Journal*, 49(2). <https://epubs.icar.org.in/index.php/PotatoJ/article/view/129404>
- Sapakhova, Z., Raissova, N., Daurov, D., Zhapar, K., Daurova, A., Zhigailov, A., Zhambakin, K., & Shamekova, M. (2023). Sweet Potato as a Key Crop for Food Security under the Conditions of Global Climate Change: A Review. *Plants*, 12(13), 2516. <https://doi.org/10.3390/plants12132516>
- Seminario Cunha, A., Huerta Fernández, A. P., Vásquez Arce, V., Seminario Cunha, J., Honorio Acosta, M., & Huerta Fernández, A. (2021). Productividad de quince cultivares tradicionales de papa Phureja en ocho ambientes distintos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 949–960. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2582>
- Setiawan, A. B., & Inayati, C. (2020). The Analysis of Production Factors and Income of Potato Farming. *JEJAK*, 13(1), 17–29. <https://doi.org/10.15294/jejak.v13i1.21965>
- Sifuentes-Ibarra, E., Ojeda-Bustamante, W., Macías-Cervantes, J., Merino-Leyva, R. I., Preciado-Rangel, P., & Ruelas-Islas, J. D. R. (2023). Déficit hídrico controlado y su efecto en el rendimiento y calidad de tres variedades de papa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(8), e3202. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i8.3202>
- Stark, J. C., Thornton, M., & Nolte, P. (Eds.). (2020). *Potato Production Systems*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7>
- Tiwari, I., Shah, K. K., Tripathi, S., Modi, B., Subedi, S., & Shrestha, J. (2021). Late blight of potato and its management through the application of different fungicides and organic amendments: A review. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 4(1), 301–320. <https://doi.org/10.3126/janrv4i1.33374>
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPR. (2021). La reconversión productiva de la papa colombiana: ¡acciones para mejorar la producción agropecuaria! <https://upra.gov.co/es-co/saladeprensa/Paginas/>

La-reconversi% C3%B3n-productiva-de-la-papa-colombiana-%C2%A1acciones-para-mejorar-la-producci% C3%B3n-agropecuaria!.aspx

Vaca Agudelo, T. (2024). Análisis del comportamiento de las sequías en la Sierra Nevada de Santa Marta y su impacto en los cultivos. Escuela Colombiana de Ingeniería. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/3238>

FINANCIACIÓN

Ninguna

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Ninguno

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Dailyn Alejandra Barrera Rodriguez.

Curación de datos: Yenny Katherine Parra Acosta.

Análisis formal: Dailyn Alejandra Barrera Rodriguez.

Adquisición de fondos: Ninguno.

Investigación: Dailyn Alejandra Barrera Rodriguez, Yenny Katherine Parra Acosta y Oscar Mauricio Gómez.

Metodología: Yenny Katherine Parra Acosta.

Administración del proyecto: Yenny Katherine Parra Acosta.

Software: Dailyn Alejandra Barrera Rodriguez.

Supervisión: Oscar Mauricio Gómez.

Validación: Oscar Mauricio Gómez.

isualización: Dailyn Alejandra Barrera Rodriguez.

Redacción – borrador original: Dailyn Alejandra Barrera Rodriguez.

Redacción – revisión y edición: Oscar Mauricio Gómez.