

Exploración de la diversidad genética y fenotípica de *Capsicum* para potenciar la bioeconomía colombiana

Exploration of The Genetic and Phenotypic Diversity of *Capsicum* To Enhance The Colombian Bioeconomy

Maira Alejandra Vega Muñoz¹, Luis Felipe López Hernández², Andrés Cortés Vera², Federico Roda Fornaguera³, Juan C. Henao Rojas², Guillermo L. Montoya Peláez^{4*}

¹ Maestría en Ciencias Biotecnología, Facultad Barberi de Ingeniería, Diseño y Ciencias Aplicadas, Universidad Icesi. Cali, Valle del Cauca, Colombia

² Centro de Investigación La Selva, Agrosavia. Rionegro, Antioquia, Colombia

³ Facultad de ciencias, Universidad Nacional. Bogotá, Cundinamarca, Colombia

⁴ Facultad de Ingeniería, Diseño y Ciencias Aplicadas, Escuela de Ciencias Aplicadas e Industria Sostenible, Universidad Icesi. Cali, Valle del Cauca, Colombia. *glmontoya@icesi.edu.co

Presentación Oral 36

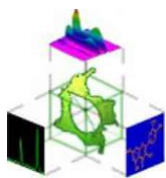
ABSTRACT

In a world increasingly demanding natural and sustainable solutions, the *Capsicum* genus stands out as a valuable source of bioactive compounds. With a global production exceeding \$4.8 billion (2024)^[1], this crop is not only essential for food security but also plays a crucial role in the natural products industry due to its richness in capsaicinoids, polyphenols, flavonoids, and carotenoids. These metabolites, known for their antioxidant, anti-inflammatory, and nutraceutical properties, drive innovations in the pharmaceutical, cosmetic, and food industries^[2].

Colombia, as an epicenter of Andean biodiversity, harbors a unique genetic diversity of *Capsicum*, preserved in its germplasm banks, constituting a strategic resource for the bioeconomy and a valuable competitive advantage³. However, the potential of these resources remains underutilized, largely due to limited characterization of their genetic, phenotypic, and metabolic diversity.

This study integrates genomic tools and phenotypic analyses to explore the underutilized value of this genus and establish a scientific foundation for breeding programs aimed at developing high-value-added products that strengthen Colombia's bioeconomy. To this end, we analyzed the genetic and phenotypic diversity of 283 *Capsicum* accessions from the Agrosavia germplasm bank (Colombia), identifying genes associated with traits of interest.

A total of 18 traits were evaluated, including morphological characteristics (weight, length, width, and seed number), physicochemical properties (pH, total solids, Brix, texture, and color), and chemical composition



(capsaicinoids and total carotenoids) in mature fruits. Additionally, a SNP analysis was conducted using the reference genome of *C. annuum* and a pangenome to associate genetic markers with traits using FarmCPU and BLINK models, adjusted for population structure.

The results revealed high phenotypic variability, with the identification of 68,481 SNPs in *C. annuum* and 27,906 SNPs in the pangenome, showing taxonomically congruent clustering into five ancestral populations. Between 52 and 82 SNPs were associated with traits such as pungency (capsaicinoids), color (carotenoids), and texture, among others. Moreover, traits like pH and capsaicinoid content exhibited high heritability ($h^2 > 0.3$), suggesting strong genetic control.

The integration of genomic and phenotypic data in *Capsicum* provides a robust scientific foundation for genetic improvement and the utilization of its diversity, fostering the development of innovative bioproducts. These findings position Colombia as a key source of high-value natural ingredients for the natural products industry

Key words:

Capsicum, GWAS, genetic diversity, SNPs, bioactive compounds, agro-industry.

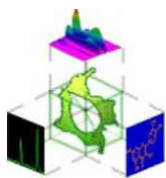
RESUMEN

En un mundo que demanda soluciones naturales y sostenibles, el género *Capsicum* se destaca como una fuente valiosa de compuestos bioactivos. Con una producción global que supera los 4.8 billones de dólares (2024)^[1], este cultivo no solo es esencial para la seguridad alimentaria, sino también para la industria de productos naturales, gracias a su riqueza en capsaicinoides, polifenoles, flavonoides y carotenoides. Estos metabolitos, con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y nutraceuticas, impulsan innovaciones en los sectores farmacéutico, cosmético y alimentario^[2].

Colombia, como epicentro de biodiversidad andina, alberga una diversidad genética única en *Capsicum*, representada en sus bancos de germoplasma, lo que constituye un recurso estratégico para la bioeconomía y una ventaja competitiva clave^[3]. Sin embargo, el potencial de estos recursos sigue subexplotado, en gran parte debido a la limitada caracterización de su diversidad genética, fenotípica y metabólica.

Este estudio integra herramientas genómicas y análisis fenotípicos para explorar el valor poco estudiado de este género y proporcionar bases científicas para el fitomejoramiento, facilitando la generación de productos de alto valor agregado que fortalezcan la bioeconomía colombiana. Para ello, se analizó la diversidad genética y fenotípica de 283 accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de Agrosavia (Colombia), identificando genes asociados a rasgos de interés.

Se evaluaron 18 rasgos, incluyendo características morfológicas (peso, longitud, ancho y número de semillas), fisicoquímicas (pH, sólidos solubles, Brix, textura y color) y químicas (capsaicinoides y carotenoides totales) en frutos maduros. Además, se realizó un análisis de SNPs utilizando el genoma de referencia de *C. annuum* y un



REVISTA PRODUCTOS NATURALES

ISSN 1916-2413



Vol. 6 Núm. 1 (2025): I Congreso Colombiano de Productos Naturales

Disponible en línea en

<https://www.nozomiscience.org/index.php/rpn/issue/view/587>

doi: <https://doi.org/10.3407/rpn.v6i1po36>



pangenoma para la asociación de marcadores genéticos con rasgos mediante los modelos FarmCPU y BLINK, ajustados por estructura poblacional.

Los resultados revelaron una alta variabilidad fenotípica, con la identificación de 68,481 SNPs en *C. annuum* y 27,906 SNPs en el pangenoma, evidenciando agrupamientos taxonómicos congruentes en cinco poblaciones ancestrales. Se detectaron entre 52 y 82 SNPs asociados a rasgos como pungencia (capsaicinoides), color (carotenoides) y textura, entre otros. Asimismo, características como pH y contenido de capsaicinoides mostraron una alta heredabilidad ($h^2 > 0.3$), lo que sugiere un fuerte control genético.

La integración de datos genómicos y fenotípicos en *Capsicum* proporciona una base científica sólida para el fitomejoramiento y el aprovechamiento de su diversidad, orientando el desarrollo de bioproductos innovadores. Estos hallazgos posicionan a Colombia como una fuente clave de ingredientes naturales de alto valor para la industria de productos naturales.

Palabras clave:

Capsicum, GWAS, diversidad genética, SNPs, compuestos bioactivos, agroindustria.

Agradecimientos/Acknowledgements

Este proyecto es financiado por el contrato 451-2021 del programa de bioeconomía de MinCiencias, jóvenes investigadores del sistema general de regalías BPIN 2022000100068 y fue desarrollado en la universidad Icesi y en el centro de Investigación La Selva, Agrosavia.

Referencias/References

- [1] Business Research Insights. Capsicum Market Analysis and Forecast From 2025 To 2033 (Report No. 100180). Business Research Insights <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/capsicum-market-100180> (2025).
- [2] de Sá Mendes, N. & Branco de Andrade Gonçalves, É. C. The role of bioactive components found in peppers. Trends Food Sci Technol 99, 229–243 (2020).
- [3] Barboza, G. E., García, C. C., de Bem Bianchetti, L., Romero, M. V. & Scaldaferrro, M. Monograph of wild and cultivated chili peppers (*Capsicum* L., Solanaceae). PhytoKeys 200, 1–423 (2022).