



Técnico

Marco Cabezas Gutiérrez
Gerente Técnico Fedepapa

La papa un alimento milagroso: análisis desde la Fitoquímica

La papa es el cuarto producto alimentario de importancia en el mundo
y el primero dentro del grupo de las especies dicotiledóneas.



Foto: medicinapreventiva.info

Es un cultivo de alta eficiencia de conversión energética total, a tal punto que si se compara con la producción por área de otros productos alimentarios, es el que más materia seca, mayor cantidad de proteína y más minerales por unidad de área produce. Para los países en desarrollo es el alimento que mayor energía por persona diaria aporta, con 130 kilocalorías (Kcal), en comparación con las 41 Kcal por persona en países desarrollados (Dagmar et al, 2013); esto demuestra la importancia del producto en la alimentación del mundo, especialmente donde el hambre se evidencia como problema prioritario de la humanidad.



Foto: Fedepapa

La papa es el aporte de América a la alimentación del mundo, junto con el maíz y el frijol, por tanto su importancia no solo se evidencia desde lo meramente agronómico, sino desde lo antropológico y social. Ha alimentado por siglos a muchos pobladores, le ha quitado el hambre a naciones enteras y ha generado alrededor de su cultivo una verdadera forma de vida y de interacción armónica con la tierra.

Además de considerarse un alimento rico en almidones, los cuales pueden estar alrededor del 20% en masa fresca, el tubérculo de papa contiene un buen grupo de minerales, moléculas metabólicas de alto impacto nutritivo, metabolitos secundarios benéficos y otros compuestos orgánicos de apreciado efecto en la salud humana y en la nutrición equilibrada de los consumidores (Motalebifard et al., 2013).

Se ha demostrado que en los lugares donde el consumo de papa es alto, las deficiencias nutricionales y las deficiencias de las biomoléculas propias de la composición del tubérculo, son bajas o casi imperceptibles, aspecto que le confiere un papel de trascendencia al





Foto: Dr. Héctor Villamil

Papas de piel roja, con coloraciones púrpura en la pulpa, señales de alto contenido de flavonoides.

producto, especialmente con los problemas que afronta la población creciente del planeta.

Bajo las circunstancias actuales, donde la población crece y las áreas cultivables disminuyen, la necesidad de incrementar el rendimiento de los cultivos se hace cada vez más evidente; pero no solo el rendimiento agronómico debe ser el objetivo de la agricultura actual, sino que la calidad nutricional de los productos cultivados cobra cada vez más importancia, ya que es la forma más

económica y eficiente de proporcionar alimentos saludables y de alta calidad nutritiva.

El fitomejoramiento tradicional, que incluye las metodologías de selección masal, con el claro objetivo de identificar y seleccionar materiales nativos y criollos de alto valor nutricional, como las técnicas modernas que incluyen biotecnología, nanotecnología e ingeniería metabólica, son la base para lograr obtener soluciones a las necesidades de deficiencia nutricional del mundo actual. Ya que la papa contiene una alta

variabilidad genética, una diversidad enorme en los Andes, de donde es originaria, es una de las especies que genera mayor expectativa como producto de calidad nutricional.

Además de aportar energía a la dieta de los consumidores, la papa contiene un número de fitonutrientes promotores de moléculas consideradas benéficas para la salud como los fenoles, flavonoides, folatos, antocianinas, cumarinas y carotenoides (Rajaratnam et al., 2013).

A continuación se detallan algunas características de estos compuestos, con su concomitante aporte en el tubérculo de papa.

Derivados fenólicos

Comprenden cerca de 8.000 compuestos identificados, los cuales pueden dividirse en varios grupos, de acuerdo a su estructura química a saber: polifenoles, estilbenos, cumarinas, ligninas y flavonoides. Los polifenoles son reconocidos como los antioxidantes más abundantes en la dieta, y la papa es una fuente reconocida de dichos compuestos, que a su vez juegan un papel importante en la determinación de sus propiedades organolépticas.

Los polifenoles son conocidos como aportantes de un sinnúmero de beneficios en la salud humana, especialmente en la detoxificación celular, en la atenuación del efecto negativo de los radicales libres de oxígeno (RLO), y en la generación permanente de receptores de membrana para liberar a las células de cambios extremos de pH al interior de sus organelos.

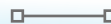
En referencia a los estudios de Rajarathnam et al., (2013), los contenidos de fenoles en las papas andinas especialmente, se han reportado como altos, con valores entre 530 a 1770 mg.g-1, siendo los productos agrícolas de mayor concentración en fenoles después de naranjas y manzanas.

La presencia de lignina, cumarinas, antocianinas, taninos, y fenoles monohídricos, hacen parte del grupo de estas sustancias

encontradas en diferentes tipos de papa en el mundo. El contenido de estos metabolitos se evidencia no solo en la piel del tubérculo, sino también en la pulpa. De igual forma, la papa contiene flavonas agliconas, un grupo de sustancias consideradas como potentes antioxidantes de células vegetales y con reconocido efecto en la salud humana.

Es importante destacar que las papas con piel de color púrpura, negra o roja, tienen el doble de ácidos fenólicos que las papas crema y blancas, de ahí la importancia de este apreciado recurso genético como aportante de beneficios nutricionales y de salud humana. Al comparar la piel con la pulpa en forma general, se ha encontrado que la piel puede tener de 20 a 50 veces más concentración de flavonoides que la pulpa. Al igual que en el caso de los polifenoles, los ácidos fenólicos, como el ácido clorogénico, el ácido protactético, el ácido vanillico, y el ácido p-cumarico, tienen entre tres y cuatro veces mayor concentración en papas de colores, que en papas blancas y cremas (Navarre et al., 2009).

Por tanto se recalca que el consumo de papa con piel, siempre será ventajoso y de mayor impacto nutricional, que el consumo de tubérculos pelados, especialmente en papas con pulpa crema.



La piel puede tener de **20 a 50** veces más concentración de flavonoides que la pulpa.

Flavonoides

El contenido de flavonoides en tubérculos de papa fluctúa entre 200 a 300 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en base fresca. Los principales flavonoides encontrados son catecin, epicatecin, erodytiol, kaempferol y naringinina. También se ha encontrado rutina, pero es menos frecuente y abundante que los otros metabolitos señalados.

Si bien los flavonoles son considerados bajos o poco significantes en el tubérculo de papa, pueden llegar a ser muy importantes en aquellas zonas donde se consumen altas cantidades de tubérculos, ya que el incremento en consumo total, también incrementa e la ingesta de dichos metabolitos.

Las antocianinas, son un subgrupo de flavonoides, que se presentan en altas proporciones en materiales genéticos con pigmentación de pulpa. Las cantidades encontradas de antocianinas en papa pueden estar entre 5,5 y 35 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ en base fresca, siendo los tubérculos con pulpa de coloraciones púrpura o roja los de mayor concentración en comparación de tubérculos de pulpa crema o blanca.

En el caso de la piel, aquellos materiales con coloración púrpura contienen hasta 900 $\text{mg}/100$ de dicho componente, mientras que los materiales con piel roja alcanzan 500 $\text{mg}/100$ de concentración. Al comparar este dato con el contenido de antocianinas en maíz morado, 130 $\text{mg}/100\text{g}$ (Aguilera et al., 2011), se evidencia la superioridad

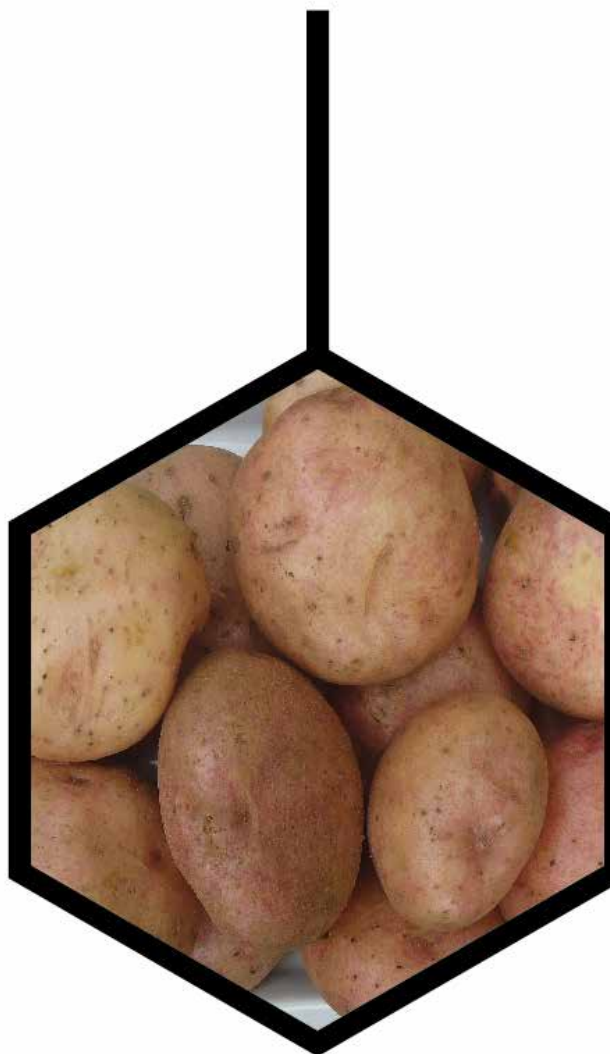
de concentración en tubérculos de papa, sobre un alimento que cada día cobra mayor presencia y aceptación en los mercados exclusivos, especialmente en la cocina andina.

Las antocianinas son los compuestos que le dan la coloración al peridermo de la piel de los tubérculos de papa, aspecto que define la selección de variedades, el gusto particular por algunas de ellas, siendo el color púrpura el más común dentro de los materiales con alta proporción de estos metabolitos.

En el contexto de la agricultura andina, existen muchos materiales genéticos, silvestres y adaptados que tienen coloraciones diversas y que pueden seleccionarse como altamente promisorios en cuanto al aporte de antocianinas, de ahí la importancia de rescatar y preservar estos recursos genéticos.

Estudios de alto impacto científico han demostrado que las antocianinas pueden mejorar la agudeza visual, generar actividad antioxidante, atrapar radicales y actuar como agentes quimio protectores. Estos compuestos se asocian igualmente propiedades antidiabéticas, específicamente en el control del metabolismo de lípidos, la secreción de insulina y algunos efectos vasoprotectores (Aguilera et al., 2011)

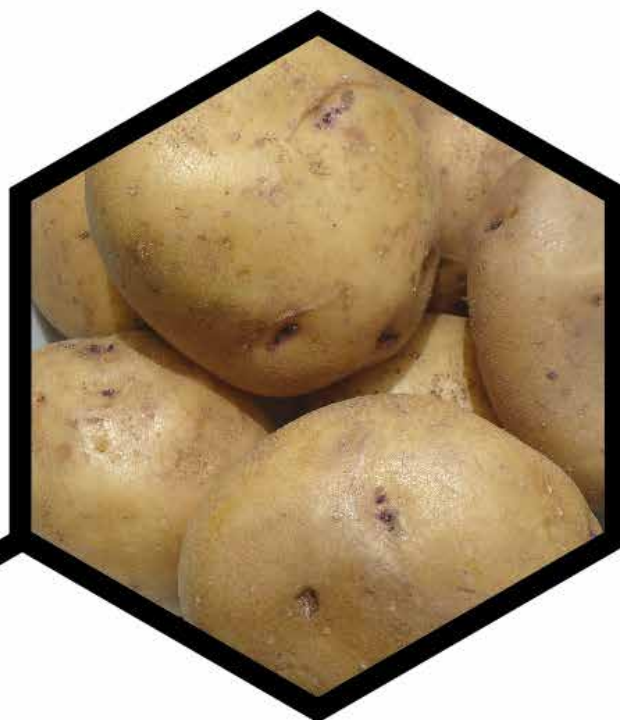
Las papas rojas y púrpuras contienen glucósidos antocianídicos (nombre químico de las antocianinas), especialmente derivados de pelargonidina,



un compuesto que genera los colores rojos y naranja en frutos como fresa, frambuesa, arándanos rojos y otros productos abanderados como antioxidantes en la nutrición humana. Las papas púrpura contienen adicionalmente malvidina, la antocianina que genera el color azul en algunas flores y el característico tono azul oscuro de las bayas de vid.

Su condición benéfica para la salud, es bien conocida desde hace siglos, por tanto es de gran interés destacar esta propiedad en los tubérculos de papa que la contienen (Rajarathnam et al., 2013).

Las antocianinas pueden mejorar la agudeza visual, generar actividad antioxidante, atrapar radicales y actuar como agentes quimio protectores



Las cantidades encontradas de antocianinas en papa pueden estar entre **5,5** y **35** mg.100g-1 en base fresca

Otros compuestos presentes en las papas de colores intensos son petunidina y delphinidina, también considerados como antioxidantes de alto valor en la industria de alimentos y en el mejoramiento genético a partir de la Fitoquímica. Los contenidos de quercitina en la piel de la papa, se han considerado como flavonoides con alta actividad antioxidante, a partir de su principio bioquímico de aceptores de radicales de oxígeno libre (ROS por sus siglas en inglés).

El consumo de papa ha mostrado un 94% de actividad recicladora de radicales libres de oxígeno en humanos por presencia de quercitina, muy similar a los reportes encontrados en cebollas, productos donde la supresión de radicales superóxido es completa. Cabe recordar que las cebollas rojas contienen casi un 10% de su peso seco en quercitina, aspecto al cual se le ha atribuido múltiples beneficios terapéuticos (Brown, 2005).



Folato

Es un componente del complejo vitamínico B que interviene en la transferencia del carbono 1 (C1), en un juego de reacciones denominadas como reacciones C1. Las carencias de folato conducen en los humanos a un sinnúmero de enfermedades como anemia, deficiencias en el sistema nervioso central, incrementos de homocisteína en el plasma, aspecto que induce a riesgos por demencia, enfermedad de Alzheimer y esquizofrenia.

Es un complemento de alto impacto en la salud reproductiva de la mujer y del recién nacido, debido a que su deficiencia causa ineficiente síntesis de metionina y por consiguiente, baja la metilación del DNA. En general los humanos necesitan consumir 400 g de folato diario en su dieta, pero en muchos casos no se alcanza a cubrir esta necesidad, a tal punto que se debe asumir un consumo adicional en forma artificial, especialmente en complementos con ácido fólico (Baset et al., 2005).

Las papas no tienen altas cantidades de folato por gramo de

producto consumido, como si lo tienen las lentejas (4240 µg/100g) y las espinacas (190 µg/100g), pero si se considera la cantidad total de producto en la dieta normal, el aporte de este compuesto es considerable (tabla1).

Según lo expresado por Navarre et al.(2009), el consumo de papa en Europa aporta el 10% de ácido fólico necesario para los humanos, una cifra nada despreciable, si se considera que el tubérculo solo es el 6% del consumo directo de productos agrícolas.

La concentración de folato en los tubérculos de papa oscila entre 12 y 37 µg/100 g de peso fresco, pero en híbridos mejorados y especialmente en algunos materiales nativos se han encontrado cantidades superiores, especialmente en papa de pulpa con color amarillo. Si el consumo diario de papa en la población joven y adulta es de 200 gramos de tubérculos, se estará aportando entre 25 y 70 µg de folato, que en términos porcentuales equivale entre 6 y 17% de lo necesario diariamente, de ahí la importancia de incluir la papa como alimento diario en todos los niveles y edades poblacionales.

Tabla 1. Concentración de folato en algunos alimentos derivados de especies agrícolas. Valores expresados en µg/100gr de materia fresca.

Producto	Contenido de folato (promedio de varios estudios, USDA, 2004)
Arroz blanco	5,7
Trigo duro	37
Maíz amarillo	18
Tomate	20
Alverjas verdes	64
Tubérculos de papa	30
Frijol rosado	453
Hojas de espinaca	190
Lentejas	4240

Si el consumo diario de papa en la población joven y adulta es de 200 gramos de tubérculos, se estará aportando entre 25 y 70 µg de folato, que en términos porcentuales equivale entre 6 y 17% de lo necesario diariamente





Fotos: Fedepapa

Las cantidades de carotenoides encontrado en diferentes materiales de papa oscilan entre 50 a 350 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de peso fresco en variedades blancas y 800 a 2000 $\mu\text{g}/100\text{g}$ en variedades con pulpa amarilla

Carotenoides

Si bien es cierto que a los carotenoides se les ha atribuido un papel ecológico primario en la coloración de flores con objetivo de atracción de polinizadores, especialmente pájaros e insectos y así asegurar la preservación de las especies, hoy en día se consideran vitales para la salud humana.

Son precursores de la vitamina A (Rivoflavina); actúan como precursores de la producción de retinoides, como el retinol, la verdadera vitamina A; retinal, un pigmento visual indispensable para evitar problemas de ceguera nocturna, y el ácido retinoico, que controla atributos morfogénicos en humanos. La deficiencia de β -caroteno es de gran impacto en el mundo, especialmente en trópicos y áreas densamente pobladas y con niveles altos de pobreza; causa problemas de ceguera, xerofthalmia, muerte prematura de niños y enfermedades de mujeres en gestación (Botella-Pavia & Rodríguez, 2006).

La papa es una muy buena fuente de carotenoides, los cuales son compuestos lipofílicos sintetizados en los plastidios a partir de moléculas

de isoprenoides. Luteína, zeaxantina, violaxantina y neoxantina son los carotenoides que en mayores proporciones se han encontrado en tubérculos de papa, mientras el β -caroteno se ha encontrado en cantidades traza (Diretto et al, 2007).

Las coloraciones amarillas y naranja de la pulpa en tubérculos de papa, se deben a la presencia de luteína y zeaxantina respectivamente, de ahí que los tubérculos con pulpa blanca y crema contengan menores cantidades de carotenoides que las papas de color amarillo y naranja, especialmente aquellas de la especie *Solanum phureja* y sus parientes cercanos (criollas Colombianas, por ejemplo).

Las cantidades de carotenoides encontrado en diferentes materiales de papa oscilan entre 50 a 350 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de peso fresco en variedades blancas y 800 a 2000 $\mu\text{g}/100\text{g}$ en variedades con pulpa amarilla (tabla 2). Este aspecto es de vital importancia para el posicionamiento de las variedades criollas y de materiales nativos con coloraciones de pulpa amarilla o naranja.

Tabla 2. Relación de la concentración de antocianinas, carotenoides, fenoles y capacidad antioxidante y absorbente de radicales libres de oxígeno en algunos tipos de papa. ND, significa no disponible. Tomado de Rajarathnam et al. (2013)

Color de la pulpa	Antocianinas (mg/100g MF)	Carotenoides (µg/100g MF)	Actividad antioxidante (% de inhibición)	Fenoles (µg/g MF)	*CARL
Púrpura	368	ND	ND	ND	250
Roja	22	ND	ND	ND	300
Blanca	ND	50-100	65,2-88,1	369,1-527,2	ND
Amarilla	ND	100-350	68,6—89,2	237,7-407	ND
Naranja	ND	≥ 1000	ND	ND	ND

***CARL, Capacidad de absorbancia de radicales libres (% respecto al color blanco de la pulpa)**

La biotecnología, ha generado un gran impacto en la actualidad especialmente ligada a la biofortificación genética y a la fitonutracéutica, ya que ha permitido incorporar hasta 11 veces los niveles de caroteno y 19 veces los de luteína en papas blancas (Ducreux et al., 2005).

Al considerar este dato y compararlo con materiales criollos colombianos, se ve que los valores pueden incluso ser inferiores en las variedades genéticamente modificadas, por lo que nuestras papas amarillas tendrán un espacio inmenso para ubicarlas como ventajosas y confiables con el ob-

jetivo de solucionar un problema de impacto en la salud y en la nutrición humana.

Se habla de consumir 250 gramos de papa amarilla o naranja diaria, para proveer el 50% de carotenoides, incluyendo caroteno, y así mejorar la condición saludable de las comunidades (Diretto et al., 2007).

Adicionalmente a los compuestos descritos, la papa al ser una especie solanácea, produce una cascada de compuestos considerados metabolitos secundarios, como alcaloides, tocoferoles, tocotrienoles, tiamina, ácido ascórbico y fenil

propanoides de diverso tipo, que permiten pensar en su utilización no solo en aspectos nutricionales sino en la farmacéutica moderna.

Tampoco se debe olvidar que aparte de los compuestos metabólicos enunciados, las acumulaciones de elementos nutricionales en los tubérculos, más exactamente calcio, hierro, cobre y zinc, hacen de nuestro recurso genético un alimento completo y seguro para solucionar los problemas de nutrición humana y animal, de seguridad alimentaria y de beneficios en la salud integral. ●

La papa ha sido, es y será el alimento milagroso que tiene particularidades aún por descubrir, para seguir destacándola como base fundamental de la alimentación



Fotos: Fedepapa