Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Agrociencias | Catálogo General

11-1-2020

El cubio (mashua): producción, transformación y beneficios

Santiago Manuel Sáenz Torres
Universidad de La Salle, Bogotá, ssaenz@unisalle.edu.co

Lena Prieto Contreras

Alfredo López Molinello
Universidad de La Salle, Bogotá, alopez@unisalle.edu.co

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/edunisalle_agrociencias

Recommended Citation

Sáenz Torres, Santiago Manuel; Prieto Contreras, Lena; and López Molinello, Alfredo, "El cubio (mashua): producción, transformación y beneficios" (2020). *Agrociencias*. 9.
https://ciencia.lasalle.edu.co/edunisalle_agrociencias/9

This Libro is brought to you for free and open access by the Catálogo General at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Agrociencias by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

COLECCIÓN
DEL AGRO

El cubio (mashua): producción, transformación y beneficios

Santiago Sáenz Torres Ph. D.
Lena Prieto Contreras
Alfredo López Molinello

Con la colaboración de
Tulio Darío Rodríguez Cabrera y Juan Carlos Poveda Pisco

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

Bogotá, D. C., Colombia

2020

Sáenz Torres, Santiago
El cubio (mashua) : producción, transformación y beneficios / Santiago Sáenz Torres, Alfredo López Molinello, Lena Prieto Contreras; con la colaboración de Tulio Darío Rodríguez Cabrera y Juan Carlos Poveda Pisco. - Bogotá : Ediciones Unisalle, 2020.
132 páginas : fotografías, gráficas ; 24 cm. - (Colección del Agro ; n.° 4)

Incluye lista de figuras, gráficas, tablas y abreviaturas
Incluye referencias bibliográficas
ISBN 978-958-5148-40-6 (impreso)
ISBN 978-958-5148-41-3 (digital)

1. Cubios - Cultivo 2. Cubios - Cosecha 3. Cubios – Aspectos nutricionales 4. Tubérculos - Cultivo I. López Molinello, Alfredo II. Sáenz Torres, Santiago III. Rodríguez Cabrera, Tulio Darío IV. Poveda Pisco, Juan Carlos V. Título VI. Serie

CDD: 635.2 ed.22
CEP-Universidad de La Salle. Dirección de Bibliotecas

ISBN: 978-958-5148-40-6
e-ISBN: 978-958-5148-41-3

Primera edición: Bogotá D. C., noviembre del 2020
© Universidad de La Salle
© Santiago Sáenz Torres
© Lena Prieto Contreras
© Alfredo López Molinello

Colección del Agro
n.° 4. El cubio (mashua): producción, transformación y beneficios

Edición
Ediciones Unisalle
Cra. 5 n.° 59A-44 Edificio Administrativo, 3.er piso
PBX: (571) 348 8000 extensiones: 1224 y 1226
edicionesunisalle@lasalle.edu.co
https://ediciones.lasalle.edu.co/

Dirección editorial
Hubeimar Alfredo Morales Roa

Coordinación editorial
Andrea del Pilar Sierra Gómez

Corrección de estilo
Margarita Mejía

Diagramación
Denka Pachón

Diseño de carátula
Denka Pachón

Imprenta
DGP Editores

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este libro por cualquier procedimiento, conforme a lo dispuesto por la ley.

Impreso en Colombia

Abreviaciones

°Brix	grados Brix o % de sólidos solubles
°C	grados Celsius
°GL	grados Gay Lussac
A	ancho del terreno
AIA	ácido indol acético
AIA-O	AIA oxidasa
ANA	ácido alfa naftalenacético
ANOVA	ANalysis Of VAriance
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
AP	ambiente cubio con envase
ASE	ambiente cubio sin envase
BBCH	*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie*
BPA	Buenas Prácticas Agrícolas
BPM	Buenas Prácticas de Manufactura
CAF	Banco de Desarrollo de América Latina
CAL	caloría
CE	conductividad eléctrica
CIC	capacidad de intercambio catiónico
CICE	capacidad de intercambio catiónico efectivo
CIE	International Commission on Illumination
CIP	Centro Internacional de la Papa
cm^3	centímetro cúbico
cmol	centimol
CO_2	dióxido de carbono
D. apte.	densidad aparente
DDA	días después de aplicación
DDE	días después de emergencia
DDS	días después de la siembra
DNP	Departamento Nacional de Planeación
dp	distancia entre plantas
dS	decisiemens
ds	distancia entre surcos
EDTA	ácido etilendiaminotetraacético
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
g	gramo
gef	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
h	hora
ha	hectárea
hL	hectolitro
ISO	International Standarization Organization
ITC	isotiocianatos
K	potasio
kg	kilogramo
kgf	kilogramo fuerza
kN	kilonewton
L	litro
long.	longitud del terreno

m	metro
m^2	metro cuadrado
mbar	milibar
mg	miligramo
min	minuto
ml	mililitro
mm	milímetro
msnm	metros sobre el nivel del mar
N	nitrógeno
NF	necesidad de fertilización expresada en kg
NH_4	amonio
nm	nanómetro
NTC	Norma Técnica Colombiana
O_2	oxígeno
OMS	Organización Mundial de la Salud
P	fósforo
PELD	polietileno de baja densidad
PPG	polivinil polietilenglicol
ppm	partes por millón
RP	refrigeración cubio con envase
rpm	revoluciones por minuto
RSE	refrigeración cubio sin envase
s	segundo
Senamhi	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
t	tonelada
UE	unidad experimental o parcela
UFC	unidades formadoras de colonia
UNEP	United Nations Environment Programme
UNOCANC	Unión de Organizaciones Campesinas del Norte de Cotopaxi
vs.	*versus*
µl	microlitro
µg	microgramo
µm	micrómetro
µmol	micromol

Contenido

Introducción 13

Capítulo 1. El cubio 15

El cubio dentro de los tubérculos andinos y ancestrales 15

Composición del cubio 20

Aprovechamiento nutricional del cubio 21

Estudios e investigaciones del cubio 22

El cubio en el contexto colombiano 23

Referencias 26

Capítulo 2. Comportamiento en campo 29

Localización para el manejo agronómico 29

Metodología del manejo agronómico 29

Labores de cultivo de la variedad de cubio blanca ojo morado 30

Cosecha de la variedad de cubio blanca ojo morado 37

Referencias 43

Capítulo 3. Aproximación a la fenología de la variedad de cubio blanca ojo morado 44

Metodología 45

Descripción fenológica 45

Resultados 51

Referencias 56

Capítulo 4. Poscosecha del cubio 58

Actividades de poscosecha 59

Comportamiento de variables en el cubio almacenado 63

Patrón respiratorio del cubio 68

Referencias 70

Capítulo 5. Aspectos en torno a la propagación del cubio 72

Referencias 77

Capítulo 6. Potencial bioinsecticida del cubio 78
Referencias 82

Capítulo 7. Efecto antimicrobiano de los isotiocianatos, compuestos presentes en el cubio 84
Actividad antimicrobiana de los isotiocianatos 88
Propiedades antimicrobianas de una variedad colombiana de cubio 91
Obtención de los extractos 91
Prueba antimicrobiana de los extractos 92
Isotiocianatos aplicados a matrices alimentarias 93
Referencias 95

Capítulo 8. Caracterización del tubérculo 98
Descriptores morfológicos del cubio estudiado 98
Caracterización física del cubio 100
Color de piel y de pulpa 100
Calor de combustión total 101
Caracterización textural del cubio fresco 101
Caracterización fisicoquímica del cubio fresco o deshidratado 102
Sólidos totales o materia seca 102
Humedad 103
Cenizas 103
Proteína 104
Azúcares (carbohidratos) 106
Glúcidos cianogénicos 107
Tiocianato y glucosinolatos 107
Cuantificación de vitamina C en cubio fresco o liofilizado 108
Referencias 110

Capítulo 9. Aprovechamiento alimentario del cubio 112
Cubio deshidratado 112
Harina de cubio 113
Cubio liofilizado 114
Inclusión de cubio en matrices alimentarias 116

Inclusión de la harina de cubio en un pan típico colombiano 116
Inclusión del cubio deshidratado y liofilizado en una sopa instantánea 117
Fermentación alcohólica del cubio 119
Referencias 123

Capítulo 10. Desafíos y difusión de la experiencia investigativa del cubio 124
Trabajos de investigación y proyecciones futuras 124
Procesos de enseñanza-aprendizaje en torno a la biodiversidad andina 126
Socializaciones de la experiencia investigativa en la comunidad académica 128
Participación en eventos nacionales e internacionales 129
Agradecimientos 131

Lista de figuras

Cap. 1 - Fig. 1	Cubio variedad blanca ojo morado	19
Cap. 1 - Fig. 2	Cubios y tubérculos andinos en mercados cundiboyacenses	24
Cap. 2 - Fig. 1	Terreno en preparación para la siembra de cubio	31
Cap. 2 - Fig. 2	Terreno adecuado para la siembra y ubicación de los tratamientos	31
Cap. 2 - Fig. 3	Plagas encontradas en el cultivo de cubio (primer semestre 2016)	36
Cap. 2 - Fig. 4	Aporque y deshierbe realizado en el cultivo de cubio	37
Cap. 2 - Fig. 5	Labores realizadas para el cultivo de cubio	37
Cap. 2 - Fig. 6	Cosecha del cultivo de cubio en campo de prácticas agrícolas	38
Cap. 2 - Fig. 7	Obtención de variables de cosecha para la variedad cubio blanca ojo morado	40
Cap. 3 - Fig. 1	Planta de cubio en plena fase vegetativa o de crecimiento	44
Cap. 4 - Fig. 1	Actividades de poscosecha para el cubio	62
Cap. 5 - Fig. 1	Tratamiento realizado a estolones de cubio variedad blanca ojo morado	76
Cap. 5 - Fig. 2	Tratamiento realizado a tubérculos semilla de cubio de 30 días de cosechados	76
Cap. 6 - Fig. 1	Obtención de hojas y tallos de cubio liofilizado	80
Cap. 7 - Fig. 1	Estructura del glucosinolato	86
Cap. 7 - Fig. 2	Primeros ensayos de crecimiento de *Listeria monocytogenes* en agar Mueller-Hinton	92
Cap. 7 - Fig. 3	Segundos ensayos de crecimiento de *Listeria monocytogenes* en agar Mueller-Hinton	92
Cap. 8 - Fig. 1	Analizador de textura Lloyd Instruments, Ametek Company® modelo de mesa 1125, y sus curvas de pruebas	102
Cap. 9 - Fig. 1	Registro de datos en el deshidratador de bandejas con cubio	113
Cap. 9 - Fig. 2	Harina precocida de cubio variedad blanca ojo morado	114
Cap. 9 - Fig. 3	Cubio variedad blanca ojo morado liofilizado	115
Cap. 9 - Fig. 4	Pan típico colombiano (garulla) con harina de cubio de la variedad blanca ojo morado	117
Cap. 9 - Fig. 5	Sopa instantánea a base de cubio	119
Cap. 9 - Fig. 6	Vino de tubérculo de cubio blanco ojo morado	122
Cap. 10 - Fig. 1	Participación de la comunidad académica en trabajos del campo de prácticas de la Universidad de La Salle	127
Cap. 10 - Fig. 2	Participación de estudiantes en diversas labores de campo y evaluaciones	127
Cap. 10 - Fig. 3	Socialización de productos de cubio en la feria AgroexpoSalle 2016	128
Cap. 10 - Fig. 4	Registro de socialización de la investigación del cubio	129

Lista de gráficas

Cap. 1 - Gráf. 1	Parcelas cultivadas de tubérculos andinos en Boyacá	25
Cap. 2 - Gráf. 1	Distribución de tratamientos en campo de cubio	30
Cap. 2 - Gráf. 2	Número y peso de tubérculos promedio por parcela y planta	38
Cap. 2 - Gráf. 3	Longitud, diámetro mayor y número de yemas promedio en cubio	41
Cap. 2 - Gráf. 4	Producción por parcela y producción estimada promedio	42
Cap. 3 - Gráf. 1	Seguimiento de la altura promedio de la planta de cubio blanca ojo morado	54
Cap. 3 - Gráf. 2	Seguimiento del número de tallos promedio del cubio blanco ojo morado	55
Cap. 4 - Gráf. 1	Parámetros evaluados en cubios con y sin envase en dos ambientes de almacenamiento	64
Cap. 4 - Gráf. 2	Contenido de vitamina C en cubios con y sin envase en dos ambientes de almacenamiento	67
Cap. 4 - Gráf. 3	Curva respiratoria del cubio variedad blanca ojo morado	68
Cap. 5 - Gráf. 1	Porcentaje de yemas brotadas en estolones a los 8, 16 y 23 días de aplicado el ANA	74
Cap. 5 - Gráf. 2	Porcentaje de yemas brotadas en tubérculos semilla a los 8, 16 y 23 días de aplicado el ANA	75
Cap. 6 - Gráf. 1	Comportamiento de la eficacia del extracto de hojas y tallos de cubio sobre adultos de mosca blanca (*T. vaporariorum*) provenientes de la finca "C-Bios"	81

Lista de tablas

Cap. 1 - Tabla 1.	Nombres usados en Suramérica para la especie *T. tuberosum*	17
Cap. 1 - Tabla 2.	Clasificación taxonómica del cubio	18
Cap. 1 - Tabla 3.	Variedades más comunes de cubios	18
Cap. 1 - Tabla 4.	Composición nutricional del cubio por 100 g de parte comestible	20
Cap. 2 - Tabla 1.	Tratamientos evaluados en la variedad de cubio	32
Cap. 2 - Tabla 2.	Análisis del suelo del área experimental	33
Cap. 2 - Tabla 3.	Fuentes de fertilización en los tratamientos agronómicos del cultivo de cubio	34
Cap. 2 - Tabla 4.	Programa de fertilización por unidad experimental (UE)	35
Cap. 3 - Tabla 1.	Estadios principales de crecimiento	45
Cap. 3 - Tabla 2.	Descripción fenológica de cubio (*Tropaeolum tuberosum* R & P) variedad colombiana blanca ojo morado	46
Cap. 3 - Tabla 3.	Ciclo de vida del cultivo de cubio o mashua	51
Cap. 3 - Tabla 4.	Valores medios para altura de planta de cubio expresados en metros (m)	53
Cap. 3 - Tabla 5.	Valores medios para número de tallos del cultivo de cubio	54
Cap. 4 - Tabla 1.	Causas de pérdidas en un mal manejo de poscosecha en tubérculos y raíces	60
Cap. 4 - Tabla 2.	Pérdidas poscosecha de cubio según tratamiento agronómico	62
Cap. 6 - Tabla 1.	Valor de eficacia (%) de extracto de hojas y tallos de cubio sobre adultos de mosca blanca (*T. vaporariorum*)	81
Cap. 7 - Tabla 1.	Principales isotiocianatos que muestran actividad antibacteriana y mecanismo de acción	89
Cap. 8 - Tabla 1.	Descriptores morfológicos de la variedad colombiana de cubio blanca ojo morado	99
Cap. 8 - Tabla 2.	Valores experimentales de coordenadas CIELab de cubio bajo dos tipos de fertilización	100
Cap. 9 - Tabla 1.	Formulaciones de pan típico colombiano sin y con sustitución de harina de maíz por harina de cubio	117
Cap. 9 - Tabla 2.	Formulación de una sopa instantánea con cubio	118
Cap. 9 - Tabla 3.	Variables de prelicuefacción y poslicuefacción	120
Cap. 9 - Tabla 4.	Variables de sacarificación	120
Cap. 9 - Tabla 5.	Parámetros para la fermentación	121
Cap. 10 - Tabla 1.	Relación de trabajos de investigación realizados por estudiantes de la Universidad de La Salle en torno al valor agregado del cubio	125
Cap. 10 - Tabla 2.	Espacios académicos beneficiados con el jardín clonal de raíces y tubérculos andinos	127
Cap. 10 - Tabla 3.	Relación de participación en eventos para la difusión de las especies nativas andinas	130

Introducción

Los ecosistemas de terrenos montañosos del trópico alto continúan con un ritmo acelerado de deterioro. Esto se debe a las inadecuadas prácticas de agricultura y ganadería que se efectúan a diario con diversas especies vegetales y animales, las que inciden gravemente sobre los recursos biofísicos y, en general, sobre su equilibrio; como ejemplo de esto encontramos compactación de suelos, contaminación de aguas, deforestación y erosión hídrica, entre otros, que generan baja productividad, problemas de salud y pérdida de seguridad alimentaria, y que se traducen en pobreza y reducción de la calidad de vida. Por otro lado, el poco estímulo a la producción —por los cambios culturales en la alimentación y por las erradas políticas públicas— está causando una grave disminución del área que se siembra cada año de estas especies, lo cual las pone en el riesgo de la erosión genética, tal como está sucediendo con muchas especies de la flora y fauna global.

Frente a esta álgida situación, las raíces y tubérculos andinos, productos de la rica y amplia biodiversidad nativa, y que fueron la base alimenticia de nuestros antepasados, se constituyen en especiales alternativas para un proceso de reconversión productiva sustentable de los agroecosistemas, debido a sus pocos requerimientos de manejo y de insumos, y a su facilidad de propagación. Por ello han adquirido cada vez más importancia, desde que, en las últimas décadas, a través de un amplio esfuerzo investigativo en los países de la región, en especial de Perú, Ecuador, Bolivia y Colombia, se ha ido descubriendo su gran riqueza, que apunta a las nuevas tendencias en la alimentación humana y animal y, aún más, hacia la obtención de una innovadora gama de productos industriales de nueva generación.

Uno de estos tubérculos pertenece a la especie *Tropaeolum tuberosum* R & P, descrita por Ruíz y Pavón (1802) en su trabajo "Flora Peruviana et Chilensis"; es originario de la región andina, conocido desde la época prehispánica y está distribuido geográficamente desde Colombia hasta el norte de Argentina. Esta planta crece en forma silvestre o cultivada, en altitudes entre el nivel del mar y los 4000 msnm. En los últimos años fue introducida en Nueva Zelanda, en donde es sembrada con éxito en la actualidad. Puede cultivarse en suelos poco fértiles, no requiere fertilizantes ni pesticidas, es resistente a las heladas y, en estado natural, es capaz de repeler insectos y nemátodos.

En Colombia, sobre todo en el altiplano cundiboyacense, se conoce como "cubio"; en esta región se comercializa a menor escala en las plazas de mercado como ingrediente del plato conocido como "cocido boyacense". Su cultivo se maneja en pequeñas áreas, bajo sistemas de producción tradicional, pero es importante para el sustento de algunas poblaciones rurales. El tubérculo de *T. tuberosum* R & P contiene minerales como hierro,

zinc, manganeso y otros; además, tiene proteínas, fibra, carbohidratos y alto contenido de vitamina C, por lo que se puede considerar un alimento potencial para la disminución de la inseguridad alimentaria que presenta el país, que llega al 49 % y 54 % en zonas urbanas y rurales, respectivamente. Por eso es importante estudiar esta especie desde su cultivo hasta su transformación en productos agroindustriales que puedan adicionar un valor agregado importante.

En esta publicación se hace una exposición detallada del trabajo de investigación realizado con la variedad colombiana de cubio (*Tropaeolum tuberosum* R & P) "blanca ojo morado", la cual fue cultivada en el campo de prácticas agrícolas de la Sede Norte de la Universidad de La Salle, ubicada en la zona nororiental de la Sabana de Bogotá, Colombia, a 2600 msnm. A través de este libro, se presentan en primer lugar, las características generales del cubio y su contexto, la evaluación en el comportamiento agronómico y fenológico de la planta de cubio, su cosecha y poscosecha, y el potencial bioinsecticida del tubérculo. Después se hace una revisión del efecto antimicrobiano de los compuestos químicos isotiocianatos presentes en la planta de cubio; y se finaliza con la caracterización del tubérculo y su transformación en harina e incorporación en matrices alimentarias.

Los resultados de la investigación presentados en este libro han servido para diversos procesos didácticos e investigativos en la Universidad de La Salle en torno a la biodiversidad andina colombiana y fueron socializados con exhibición de productos en las ferias AgroexpoSalle de 2016 y 2017; así mismo, en conferencias dictadas en la escuela de posgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina de Lima, Perú; en la presentación realizada en el Congreso Nacional de Horticultura 2017 en Bogotá, en el VII Congreso Ecuatoriano de la Papa en Carchi, Ecuador, y en el 12.º Simposio Latinoamericano de Ciencia de Alimentos, en Brasil.

Se espera que esta investigación genere diversas expectativas para seguir investigando sobre la búsqueda de alternativas de transformación primaria y secundaria de esta valiosa especie de la biodiversidad andina, y que puede ser parte de un proceso de reconversión productiva para agroecosistemas de la alta montaña andina, gracias a su fácil manejo y a que puede ser cosechada a los seis u ocho meses de su siembra.

El cubio

Santiago Manuel Sáenz Torres y Alfredo López Molinello

El cubio dentro de los tubérculos andinos y ancestrales

Los cultivos andinos y ancestrales tuvieron gran aceptación en las comunidades precolombinas debido a su adaptación a condiciones ambientales desfavorables, lo que permitió una amplia distribución de estos cultivos por los Andes, adquiriendo muchos nombres nativos que de manera paulatina tomaron gran importancia en la alimentación (Clavijo, 2014).

Según Tapia y Fries (2007), entre 1923 y 1939, Nicolás Vavilov determinó que la región de los Andes centrales que comprende el sur de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia constituía uno de los cinco principales centros de domesticación de plantas alimenticias en el mundo, y le asignó 45 especies nativas económicamente útiles.

Los mismos autores refieren que esta agrobiodiversidad se encuentra expuesta a amenazas y maltratos, y afirman en el "Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo" —preparado para la Conferencia Técnica Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos realizada en Leipzig, Alemania, en 1996— que en los países andinos se está registrando una erosión a gran escala de variedades locales de cultivos autóctonos y de plantas silvestres.

El conocimiento sobre el manejo de estos cultivos es muy limitado, debido a que el conocimiento originario se ha ido perdiendo y la oferta de alternativas tecnológicas modernas es mínima. Por ello, la agricultura va dejando de ser autosubsistente y autosuficiente, y las comunidades campesinas se enfrascan en un círculo de dependencia que trastorna su principio de reproducción y que provoca que las personas vayan perdiendo, generación tras generación, el conocimiento sobre la forma en que los cultivos andinos se deben tratar. Por otro lado, el rechazo de las poblaciones urbanas hacia las raíces y los tubérculos andinos —por falta de gusto, de conocimiento o de costumbre— ha contribuido a la disminución de la producción y el consumo de estas especies.

También es cierto que, debido a la fuerte influencia de los medios de comunicación en una economía globalizada que privilegia el consumo de productos derivados de unas pocas especies vegetales, los hábitos alimenticios tanto en las ciudades como en el campo se dirigen al consumo de platos con base en alimentos tales como espaguetis, arroz y carne vacuna, entre otros.

En realidad, se han reducido las áreas de cultivo; sin embargo, y debido a la fuerza cultural y a la labor de conservación que cientos de agricultores andinos realizan en Perú y Bolivia, los signos de erosión genética aún no son dramáticos, pero pueden aumentar de manera alarmante en las próximas décadas debido a la mayor influencia del mercado globalizado. La tradición y la costumbre permiten que perdure aún el consumo de los tubérculos andinos, y se convierten en un factor a favor de que sigan presentes en la agricultura andina (Barrera *et al*., 2004).

Por los beneficios que presentan los tubérculos andinos, como los cubios y las ibias, su consumo ha trascendido las fronteras de Suramérica (García, 1994); y aunque han sido menospreciados en su tierra nativa, los extranjeros han llevado este material para estudiarlo y aprovecharlo.

En algunas partes los cultivos no han progresado por no encontrar el fotoperíodo requerido (García, 1994). Pese a lo anterior, según FAO *et al*. (2011), los tubérculos nativos se han mantenido hasta nuestros días en pequeñas parcelas de indígenas y campesinos de los Andes, quienes los consumen como parte de su dieta nutricional diaria o también como productos que se consumen en ocasiones especiales.

Además, los tubérculos nativos originarios de los Andes centrales, por migraciones del hombre precolombino se han extendido hasta Colombia y el norte de Argentina y Chile. En este grupo de raíces y tubérculos andinos se encuentran: la oca (*Oxalis* spp.), la papa (*Solanum* spp.), el camote (*Ipomoea* spp.), el cubio (*Tropaeolum* spp.), la arracacha (*Arracacia* spp.), la ajipa (*Pachyrhizus* spp.) y el olluco (*Ullucus tuberosus*) (Ramos, 2002).

La planta de cubio, desde su caracterización botánica, es una planta erecta en su fase inicial, pero en su madurez es semipostrada. La hoja tiene forma ovalada, la cara superior es verde mate y la inferior, verde claro; puede tener tres, cuatro o cinco lóbulos. Las flores solitarias nacen en las axilas de las hojas. Los tubérculos tienen yemas alargadas y profundas, y son de forma cónica o elipsoidal. A diferencia de otros tubérculos andinos, como la oca y el olluco, la mashwa o cubio tiende a formar gran cantidad de semillas viables.

Según su coloración, los tubérculos se pueden clasificar en: tubérculos de color uniforme generalmente blanco, amarillo o anaranjado; tubérculos con pigmentos de antocianina ubicados solo en las yemas; tubérculos muy coloreados en las yemas con antocianinas; y tubérculos con yemas pigmentadas y con franjas longitudinales rojas o moradas (Tapia y Fries, 2007).

La asociación del cultivo de cubio con otros cultivos, como los de melloco (olluco o chugua), oca (ibia) y papas nativas, se realiza debido a los principios de control nematicida e insecticida que posee la planta. También se puede cultivar en franjas a base de cultivos densos (quinua, cebada, trigo), procurando alternar estos cultivos con los tubérculos que requieren de labores de aporque, como una estrategia orientada a proteger los suelos de los efectos erosivos provocados por el agua (FAO *et al*., 2011).

Según menciona en 1989 el National Research Council (Clavijo, 2014), los cubios requieren para tuberizar doce horas de luz al día o menos, y el cultivo necesita entre 700 mm y 1600 mm de lluvia a lo largo de su ciclo. Prospera en clima nublado y brumoso, a alturas entre 2400-4300 msnm a lo largo de la cordillera andina, y tolera bien las heladas. Crece en suelos con pH desde 5,3 hasta 7,5, y presenta buenos resultados en suelos orgánicos y fértiles. Desde el punto de vista agronómico, el cubio se considera

rústico porque se cultiva en suelos pobres, sin uso de fertilizantes y pesticidas químico-sintéticos; y, aun en estas condiciones, su rendimiento puede duplicar al de la papa.

Tapia y Fries (2007) refieren que el origen del cubio (*Tropaeolum tuberosum* R & P), también llamado mashwa o mashua, está ubicado en la zona del altiplano de Perú y Bolivia. Sin embargo, se encuentran con frecuencia especies silvestres en diversas zonas altas de los valles interandinos. Las referencias de los cronistas señalan al grupo étnico de los muiscas o chibchas, en Colombia, como pobladores que consumían los cubios, así como las chuguas (*Ullucus tuberosus*). Incluso, se menciona que las especies del género *Tropaeolum* de Colombia se comportan de manera diferente a las de Perú y Bolivia en cuanto a las horas de luz, y que se les cultiva a menores alturas; por ello, en 1930 se sugirió crear la especie "cubio", para diferenciarla de las especies sabaneras.

En lo referente a la distribución geográfica y a los requerimientos edafoclimáticos de esta especie, los investigadores manifiestan que este cultivo se concentra entre los 1500 msnm y los 4200 msnm, puesto que es una planta que soporta bien el frío, y es cultivado desde Colombia hasta Bolivia. Así mismo, prefiere suelos profundos y con buen contenido de materia orgánica (Tapia y Fries, 2007).

La planta del cubio es herbácea de clima templado fresco y natural de las grandes alturas de los Andes, región caracterizada por su terreno escarpado, vientos fuertes, suelos poco profundos y superficies rocosas desnudas con una alta escorrentía del agua (Lim, 2015).

El cubio (*Tropaeolum tuberosum* R & P) presenta amplia variabilidad genética y diversidad de nombres en América Latina. En la tabla 1 se observan algunos nombres nativos para el cubio.

Tabla 1. Nombres usados en Suramérica para la especie *T. tuberosum*

País	Nombre común
Colombia	cubio, nabo, hubios, hubias, pane, puel
Perú	mashwa, miswha, añu
Ecuador	mashwa
Bolivia	apilla, isau, isaña, isaño, kayacha, miswha, apiña mama

Fuente: Clavijo (2014)

Pese a la amplia distribución de este cultivo y sus variedades a lo largo de los Andes, este tubérculo presenta una disminución parcial en su consumo entre la población de muchas regiones de Suramérica. Según Ramos (2002), el cubio es un cultivo que se encuentra en la actualidad en estado de erosión genética, lo que hace que requiera atención por parte de investigadores y de entidades responsables para su conservación.

En la tabla 2, se presenta la clasificación taxonómica del cubio (*Tropaeolum tuberosum* R & P).

Tabla 2. Clasificación taxonómica del cubio

División	Angiospermae
Clase	Dicotiledoneae
Subclase	Archiclamydae
Orden	Geraniales
Suborden	Geranieae
Familia	Tropaeolaceae
Género	*Tropacolum*
Especie	*Tropacolum tuberosum* (Ruíz & Pavón)
Morfotipo	Varios

Fuente: Gómez y Mateus (1998)

En cuanto a la variedad blanca, se encuentra comúnmente en Colombia. Este tubérculo es inconfundible, no solo por su color blanco con el extremo distal pigmentado difusamente de lila o violeta, sino también por ser delgado y estar provisto en los ojos de raicillas filamentosas; estas características no aparecen en el material de ninguna otra región de los Andes (Rivera, 2010).

Dos variedades de cubio se han cultivado con preferencia y se describen dentro de la misma especie: *T. tuberosum* variedad Pilifer, de tubérculos blancos, delgados, de ápice violáceo y ojos o yemas provistos de pelos delgados, procedentes de Colombia; y *T. tuberosum* variedad Lineomaculata, de tubérculos profusamente manchados de líneas coloreadas, cultivados sobre todo en Perú, Bolivia y Colombia (Tapia y Fries, 2007).

Hay más de cien variedades reconocidas en los países de Latinoamérica que las cultivan. En la tabla 3, se nombran las variedades más comunes (Moreno y Martínez, 1997).

En la presente investigación se trabajó con la variedad colombiana blanca ojo morado (figura 1), debido a que es la más comercial y de mayor consumo en la región cundiboyacense. La semilla de la variedad se obtuvo de productores del municipio de Subachoque, departamento de Cundinamarca.

Tabla 3. Variedades más comunes de cubios

Variedad	Características
Pilifer	Tubérculos blancos, delgados, de ápice violáceo y ojos o yemas provistos de pelos delgados, procedentes de Colombia.
Lineomaculata	Tubérculos bastante manchados de líneas coloreadas, cultivados sobre todo en Perú y Bolivia.
Quillu-zapallo-amarilla gruesa	Variedad larga, gruesa y con muchos ojos; es de Ecuador.

Variedad	Características
Amarilla chaucha	Pequeña, de piel más lisa y menos ojos. Se cultiva en Ecuador.
Putsu, Pulsito, Puzungo	Coloración roja sobre la piel amarilla (se le define como media colorada).
Putsu redonda	La coloración igual a la anterior, pero más pequeña.
Sucsu mashua	Tiene pintas rosadas-rojas sobre la piel amarilla.
Rodilla de Jesucristo o Sangre de Jesucristo	Presenta manchas rojas, a manera de sangre, sobre la pulpa amarilla.
Mashua shira	Pintas negras sobre la piel amarilla.
Mashua blanca	Es una variedad rara.
Variedad blanca ojo morado	Es una variedad dura para la cocción.

Fuente: adaptado de Moreno y Martínez (1997)

Figura 1. Cubio variedad blanca ojo morado

Fuente: foto tomada por los autores

En García (1994) se mencionan investigaciones de tipo agronómico de dos variedades de nabo o cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P) y su respuesta a la fertilización en el municipio de Arcabuco (departamento de Boyacá); de igual forma, Moreno y Martínez (1997) hacen referencia a un sistema de clasificación de esta especie a través de parámetros fisiológicos y su potencialidad en rendimiento según la variedad.

A continuación, se presentan algunas consideraciones agronómicas del cubio (Tapia y Fries, 2007):

Siembra, época y densidad: para la siembra se utilizan de 900 kg a 1300 kg de semilla por hectárea; se debe esperar a que las lluvias se hayan establecido, lo que ocurre entre octubre y principios de noviembre.

Labores culturales: debe hacerse al menos un aporque cuando las plantas tienen entre 15-20 cm, con la finalidad de controlar las malas hierbas.

Sanidad: es poco atacada por enfermedades o plagas; se recomienda efectuar aporques altos para el control de malas hierbas, así como la rotación de los campos para reducir el ataque de plagas.

Cosecha: con rendimientos conservadores se pueden obtener entre 12 y 15 toneladas por hectárea (t/ha) de tubérculos frescos, es decir, más de cuatro toneladas de materia seca.

Composición del cubio

En relación con este aspecto, el valor nutricional de los tubérculos es alto; tiene cantidades de humedad cercanas al 87 %, 1,5 g de proteínas, 9,7 g de carbohidratos, 0,1 g de grasa, 0,8 g de fibra cruda, 0,5 g de cenizas y una energía de 45,7 kcal (por 100 g de porción comestible de peso fresco). Contiene todos los aminoácidos esenciales (mg/g de proteína): 35-41 mg de lisina, 22-24 mg de treonina, 25-46 mg de valina, 25-37 mg de isoleucina, 35-43 mg de leucina, 14-37 mg de fenilalanina + tirosina, 4,7-5,3 mg de triptófano y 12-15 mg de metionina + cistina (Lim, 2015).

Por su alto contenido en carbohidratos, el cubio tiene un importante valor calórico; es rico en vitamina C, que contribuye al mantenimiento de los cartílagos, ayuda a la absorción del hierro para prevenir la anemia y genera resistencia contra las infecciones. Presenta un alto contenido de fibra, que estimula los músculos intestinales. También están presentes la vitamina A y minerales como el fósforo y el calcio (Ministerio de Cultura y Patrimonio Ecuador, 2013).

En la tabla 4, se presenta una recopilación de datos obtenidos sobre composición nutricional de 100 g de parte comestible de *Tropaeolum tuberosum* R & P según el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (icbf, 2005) y Reyes *et al*. (2009), respectivamente.

Tabla 4. Composición nutricional del cubio por 100 g de parte comestible

Componente	Instituto Colombiano de Bienestar Familiar	Reyes *et al*.
Energía	28 kcal	50 kcal
	117 kJ	209 kJ
Humedad	91 %	87,4 %
Proteína	1,6 g	1,5 g
Lípidos	0,4 g	0,7 g
Carbohidratos totales	6,5 g	9,8 g
Cenizas	0,5 g	0,6 g

Componente	Instituto Colombiano de Bienestar Familiar	Reyes *et al.*
Minerales		
Calcio	41 mg	12 mg
Fósforo	29 mg	29 mg
Hierro	0,50 mg	1,0 mg
Vitaminas		
Niacina	0,70 mg	0,67 mg
Riboflavina	0,03 mg	0,12 mg
Tiamina	0,04 mg	0,10 mg
Vitamina C	20 mg	77,50 mg

Fuente: ICBF **(2005); Reyes *et al.* (2009)**

Moreno y Martínez (1997) mencionan que el cubio tiene presencia de alcaloides, flavonoides, núcleos esteroidales, sesquiterpenlactonas y heterósidos cardiotónicos; además de carbohidratos solubles, como glucosa, galactosa, fructosa y sacarosa (esta última es la de mayor contenido: 66,3 %); y almidón (0,65 %).

Aprovechamiento nutricional del cubio

Desde la antigüedad, diferentes poblaciones indígenas de América del Sur han preparado diversos alimentos con base en los cubios; en la actualidad, para la recuperación y aprovechamiento de esta fuente alimenticia ancestral, se han realizados diversas aplicaciones con el cubio para preparación de otros alimentos. Algunos autores recopilan varios usos en alimentación y salud que se presentan a continuación:

- Por su contenido nutricional, se reconoce la harina de cubio como apropiada para galletería (Moreno y Martínez, 1997).
- El rendimiento harinero del cubio varía entre 88,3 % y 92,2 % sobre base seca; por tanto, es factible usarlo para elaborar harinas, encurtidos, salsas, mermeladas, colorantes, destilados y otros (Barón *et al.*, 2010; Moreno y Martínez, 1997).
- En lo que respecta a la tradición de consumo y elaboración de productos, existen investigaciones en poscosecha de *U. tuberosus* y *T. tuberosum* que plantean la elaboración de productos tradicionales y novedosos (harina, pan, espesantes, salsas, dulce, mermelada), con presentaciones que invitan a su consumo (Aguirre-Forero *et al.*, 2012).
- La población andina cree que los tubérculos cocinados son buenos en especial para las enfermedades del hígado y de los riñones (Barrera *et al.*, 2004).

Algunos compuestos derivados de *T. tuberosum* y *O. tuberosa* tienen propiedades saludables para los riñones, el hígado y la piel. El consumo de este tipo de alimentos con

propiedades antioxidantes puede reducir el riesgo de cáncer, arterioesclerosis, artritis y diabetes, entre otras, por lo que se constituyen en productos de interés económico para el mercado de nutracéuticos y de alimentos funcionales; esto concuerda con lo expresado por los productores de mayor edad, quienes los utilizan con fines medicinales (Aguirre-Forero *et al*., 2012).

Estudios e investigaciones del cubio

Con referencia al manejo poscosecha, se expone a continuación una revisión breve de los trabajos e investigaciones más significativos sobre el cubio, mencionados en orden cronológico y terminando en la actualidad.

Gómez y Mateus (1998) profundizaron en el aspecto fisicoquímico de los tubérculos andinos presentes en Colombia, y señalan algunas recomendaciones de poscosecha y aprovechamiento industrial. Dicho trabajo fue reforzado por el realizado por Rodríguez (1999), quien expuso la potencialidad industrial de las raíces y de los tubérculos andinos en Colombia.

Más adelante, y como continuación del trabajo realizado por Moreno y Martínez (1997), Ferrucho (2001) continuó con la evaluación del crecimiento y desarrollo de cinco genotipos de cubios, empleando las mejores variedades.

En el 2007, Tapia y Fries, con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, más conocida como FAO, y con la Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú (ANPE), emitieron una cartilla de campo sobre el manejo y poscosecha del cubio. En 2011, la investigadora Chabur obtuvo glucosinolatos presentes en el cubio como alternativa de control de la sarna polvosa de la papa. En el año siguiente, Aguirre-Forero *et al*. (2012) publicaron un artículo sobre el diagnóstico del estado de consumo y producción del cubio y otros tubérculos andinos desde diferentes perspectivas.

En 2013, Valcárcel-Yamani *et al*. hicieron una descripción de algunas propiedades funcionales de los tubérculos andinos, incluido el cubio. En conjunto con otros autores, en 2014 Clavijo aportó una descripción mucho mayor, desde diferentes perspectivas, de la cadena agroalimentaria del tubérculo. En el año siguiente, en asocio con investigadores de la Universidad Nacional de Colombia (sede Palmira) y de la Universidad Federal de Rondônia, campus Presidente Médici (Brasil), trabajó sobre el mejoramiento participativo como herramienta para la conservación de cultivos subutilizados y olvidados; se resalta la reactivación de cultivos desplazados por otros de mayor explotación.

Por otra parte, algunos investigadores han estudiado posibilidades de aprovechamiento de los componentes del cubio.

Coello (2010) ejecutó un análisis de la calidad nutritiva y sanitaria del cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P) endulzado para elaborar tres productos: galleta, helado y mermelada, cada uno con tres formulaciones diferentes. Para este estudio se utilizó el cubio debido a su alto contenido de almidón, su balance apropiado de aminoácidos esenciales, y por ser rico en vitamina C y B. La galleta con proporción 40:10:50 de los productos cubio, quinua y otros (harina de trigo, mantequilla, polvo, azúcar y huevos) presentó mayor porcentaje de aceptabilidad (79 %); sus componentes eran: 3,2 % de humedad, 1,15 % de cenizas, 0,6 % de fibra, 10,8 % de proteína y 1,68 % de extracto etéreo. El autor

sugirió que este tipo de alimentos fueran utilizados como parte del desayuno escolar, debido a que aportan un alto contenido nutricional, lo que ofrece muchos beneficios tanto para la salud como para la alimentación.

Urresta (2010) evaluó el valor químico y nutricional de la harina de cubio (*Tropaeolum tuberosum* R & P) en la dieta de pollos de engorde. Los análisis químicos y nutricionales arrojaron resultados favorables para el uso de la harina de cubio en sustitución de la harina de maíz en dietas para pollos de engorde, debido a que sus valores de energía metabolizable y de proteínas fueron similares a los del maíz.

En 2011, Chabur evaluó el efecto del empleo de harina de cubio liofilizada (*Tropaeolum tuberosum* R & P) en las poblaciones microbianas de suelo como estrategia de manejo de rhizoctoniasis en cultivo de papa. *Rhizoctonia solani* GA-3 es un hongo patógeno del suelo importante en cultivos de papa. Esta investigación se realizó con el fin de evaluar una posible estrategia de manejo del patógeno utilizando el proceso de biofumigación con glucosinolatos y los productos de hidrólisis de los cubios.

A partir de los resultados anteriores, se realizó un ensayo en invernadero con ocho accesiones de cubios. Para esto se cuantificaron bacterias totales, hongos totales y el patógeno *R. solani*, además de otras poblaciones microbianas (*Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma* sp.); también se evaluó la lesión en tallo y estolón. Finalmente, se seleccionó la accesión de cubios de color de piel blanco-morado (clasificación fenotípica de ejemplares de cubios utilizados en este estudio de acuerdo con su color predominante y secundario de piel) por su mayor efecto sobre las hifas del patógeno, y sobre la incidencia y severidad de la enfermedad, demostrando su potencial como biofumigante.

Por otra parte, Castillo y Rodríguez (2014) trabajaron en la caracterización del cubio y en la extracción de su almidón. Los resultados indicaron que el rendimiento del almidón en las muestras fue de 16,18 %.

Después, Vernaza *et al*. (2014) trabajaron con harina de cubio para la sustitución parcial de harina de trigo; estudiaron la adición de 5 %, 10 % y 20 % en la elaboración de pan de molde. Los resultados de la composición proximal presentaron diferencias significativas entre las dos harinas en la cantidad de proteína, de cenizas y de fibra. La harina de mashua o cubio presentó valores superiores, alrededor de cinco veces más de cenizas y tres veces más de fibra que la harina de trigo.

Dentro de su caracterización se encontró que la harina de cubio a una temperatura de secado a 50 °C era la más idónea para hacer el pan, puesto que su nivel de humedad (13,8 %) inhibe la actividad microbiana, y favorece la estabilidad de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina. Se comprobó que la mejor mezcla era la de harina de trigo sustituida al 5 % con harina de cubio. Los panes más aceptados por los consumidores fueron aquellos que contenían 0 % y 5 % de sustitución, seguidos de los panes de 10 % y 20 % de harina de cubio, respectivamente.

El cubio en el contexto colombiano

Los datos y cifras sobre el cubio (*Tropaeolum tuberosum R & P*) son escasos por varias razones: (1) las explotaciones son pequeñas y carecen de registros; (2) presentan bajo nivel tecnológico; (3) la escolaridad de algunos agricultores es baja; (4) tienen bajo a nulo acceso a créditos agrarios; (5) la intervención estatal con programas de investigación o

transferencia de tecnología está ausente; y (6) se ha perdido el hábito de consumo en las ciudades, lo que acentúa la tendencia a no cultivar y no conservar este germoplasma, factor determinante de riesgo de pérdida de las especies (GEF *et al*., 2013).

Dentro del contexto anterior, en Colombia hay cuatro departamentos en donde se reconoce la producción de tubérculos andinos, incluidos los cubios; estos son Cundinamarca, Boyacá, Cauca y Nariño (Clavijo, 2014).

En estas zonas, los datos que avalan el área de los rendimientos reales en producción de cubio son inciertos; sin embargo, se estima que no alcanzan las 17 t/ha. Esto se debe a que la producción suele ser itinerante y se da en asocio con otras especies de importancia comercial; o se siembra en pequeñas superficies de suelo que solo permiten la producción para autoconsumo, con excedentes que se comercializan en los mercados locales o tiendas de frutas y hortalizas (figura 2).

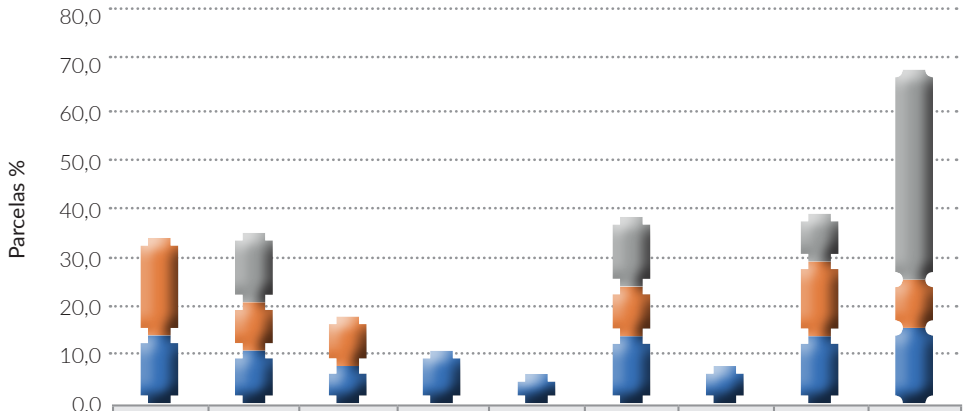
Figura 2. Cubios y tubérculos andinos en mercados cundiboyacenses

Fuente: fotos tomadas por los autores

El centro del país, el altiplano cundiboyacense a través de los municipios de Samacá, Duitama, Combita, Úmbita, Ramiriquí, Nuevo Colón, Ventaquemada, Villapinzón, Zipaquirá, Usme, Ciénaga, Toca, Turmequé y Chocontá, representa una de las zonas de mayor producción, la cual abastece de estos productos a los mercados de Bogotá, Tunja e, incluso, a algunas zonas de la Costa Atlántica (Clavijo, 2014).

En la gráfica 1 se observa la distribución de cosechas de cubios y otros tubérculos andinos en algunos municipios del departamento de Boyacá.

Gráfica 1. Parcelas cultivadas de tubérculos andinos en Boyacá



	Aquitania	Mongua	Pesca	Tota	Iza	Tibasosa	Cuítiva	Sogamoso	Gámeza
Ibia (*O. tuberosa*)	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	10,0	42,9
Ruba (*U. tuberosus*)	20,0	10,0	10,0	0,0	0,0	10,0	0,0	15,0	10,0
Cubio (*T. tuberosum*)	13,8	10,8	7,7	10,8	6,2	13,8	7,7	13,8	15,4

Fuente: Aguirre-Forero *et al.* (2012)

En Colombia, el consumo de cubios se limita a zonas preestablecidas. Se consume de manera directa, por lo general en preparaciones saladas, con un guiso de tomate y cebolla; en algunas ocasiones, le agregan leche, suero, queso o cuajada. También es frecuente su uso como ingrediente básico de sopas espesas o mazamorras (Clavijo, 2014).

Para el cultivo del cubio no existen recomendaciones tecnológicas específicas. A pesar de sus componentes y características terapéuticas, no ha sido aprovechado de forma industrial (Rodríguez, 1999).

Aguirre-Forero *et al*. (2012), en un estudio realizado en la provincia de Sugamuxi (Boyacá), encontraron que el sistema productivo de tubérculos andinos en esa región congregaba a 112 productores, muchos de ellos mayores de 40 años (85,4 %) y con estudios de básica primaria (92,5 %). Hallaron que las unidades productivas estaban limitadas a las zonas de vida subpáramo húmedo, subpáramo seco y bosque subandino montano, en donde se encuentran condiciones edafoclimáticas extremas (bajas temperaturas, alta velocidad del viento), en parcelas no mayores de 1000 msnm sembradas con *T. tuberosum* (58 %), *U. tuberosus* (36 %) y *O. tuberosa* (6 %), y asociadas a cultivos de papa, cebada, trigo, haba o maíz (59%). Las labores ofrecían un bajo grado de intervención tecnológica y contaban con agua de lluvia como única fuente de riego (70 %), lo que permitía la aparición de plagas y enfermedades que limitaban la producción, no había estudios de variabilidad genética, y predominaban el autoconsumo (55 %) y la baja rentabilidad.

Los mismos autores reportaron que, en esa zona, un 58,93 % de los productores encuestados asociaban el cultivo de *O. tuberosa* (ibia u oca), *U. tuberosus* (olluco) y *T. tuberosum* (cubio) con otras especies como papa, haba, arveja y maíz en forma artesanal; solo 10,71 % de los encuestados utilizaba algún tipo de insumos químicos.

Clavijo (2014), con el apoyo de la Corporación para el Desarrollo Participativo y Sostenible de los Pequeños Agricultores Colombianos (Corporación PBA) y la Pontificia Universidad Javeriana, conformó en el 2008 un equipo de investigación participativa al que comparecieron 35 agricultores de la provincia de Márquez (departamento de Boyacá). Encontraron que los tubérculos andinos se sembraban en fincas pequeñas, de menos de tres hectáreas, caracterizadas por una alta variedad de cultivos, muchos de ellos para el autoconsumo.

Más adelante, al realizarse la primera Feria de Agrodiversidad de Tubérculos Andinos de Boyacá, en el municipio de Turmequé como sede del evento —con la asistencia de más de 550 personas entre agricultores, lugareños, autoridades locales, investigadores, profesores y estudiantes—, se lograron identificar 15 tipos de ruba, 7 tipos de ibia y 19 tipos de cubio (Cano, 2012).

Con respecto a la variabilidad genética del cubio, Morillo *et al*. (2016) —mediante la técnica de RAM (*Random Amplified Polymorphic* DNA) o marcadores microsatelitales amplificados al azar—, determinaron que en el departamento de Boyacá existe una alta diversidad genética de los cubios, la cual está correlacionada con caracteres morfológicos como forma, tamaño y color del tubérculo. Por tanto, la variabilidad genética en los cubios debe ser considerada dentro de las estrategias de conservación y manejo de los recursos fitogenéticos andinos, en especial a nivel de finca, dado que son los pequeños agricultores quienes han mantenido este recurso fitogenético por años; además, representa un alimento básico para las comunidades andinas y tiene usos potenciales que pueden mejorar su aceptación en el mercado.

En las redes sociales colombianas y en plataformas virtuales se pueden apreciar, desde hace un tiempo, diversos comentarios y recetas culinarias en favor del consumo del cubio; se presentan diversas preparaciones, productores, mercados, biodiversidad y pedidos para atención a domicilio de un gran número de productos.

Referencias

Aguirre-Forero, S. E., Piraneque-Gambasica, N. V. y Pérez-Mojica, I. (2012). Sistema de producción de tubérculos andinos en Boyacá, Colombia. *Cuadernos de desarrollo rural, 9(69), 257-273*.

Barón, M., Clavijo, N., y Combariza, J. (2010). *Recetario. Tubérculos andinos de Turmequé y Ventaquemada, departamento de Boyacá, Colombia*. Bogotá: Javegraf.

Barrera, V. H., Tapia C. G., y Monteros, A. R. (2004). *Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)*, n.° 4. Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Cano, M. (2012, junio-agosto). El renacer de los tubérculos andinos. *Revista Pesquisa, 6* (20), pp. 10-11.

Castillo, P. y Rodríguez, P. (2014). Caracterización de los tubérculos de cubio *(Tropaeolum tuberosum)* y extracción del almidón. *Memorias IICTA, Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 67* (2), 2014, Supl. II, pp. 490-491.

Clavijo, N. (2014). *Tubérculos andinos: conservación y uso desde una perspectiva agroecológica*. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.

Coello, G. (2010). *Elaboración y valoración nutricional de tres productos alternativos a base de mashua para escolares del proyecto Runa Kawsay* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Chabur, M. I. (2011). *Evaluación del efecto de liofilizado de cubios (Tropaeolum tuberosum) en las poblaciones microbianas de suelo como estrategia de manejo de rhizoctoniasis en cultivo de papa* (Tesis de maestría). Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

FAO, Unión de Organizaciones Campesinas del Norte de Cotopaxi (UNOCANC), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2011). *Producción orgánica de cultivos andinos (Manual técnico)*. Ecuador: FAO. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf

Ferrucho, R. (2001). *Evaluación del crecimiento y desarrollo de cinco genotipos de cubio* (Trabajo de grado no publicado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

García, J. (1994). *Respuesta a la fertilización completa de dos variedades de nabo (Tropaeolum tuberosum) en el municipio de Arcabuco, Boyacá* (Trabajo de grado no publicado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja (UPTC).

GEF (Fondo para el Medio Ambiente Mundial), caf (Banco de Desarrollo de América Latina), unep (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente), Fondo Biocomercio y Corporación PBA (2013). *Análisis sectorial arracacha y tubérculos andinos en Colombia 2012-2013*.

Gómez, Z. y Mateus, T. (1998). *Caracterización física, química y fisiológica de los tubérculos: cubios (Tropaeolum tuberosum), hibias (Oxalis tuberosa) y ullucos (Ullucus tuberosus), recomendaciones, poscosecha y posibles aplicaciones industriales* (Trabajo de grado no publicado). Universidad de la Salle, Bogotá.

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2005). *Tablas de composición de alimentos colombianos*. Bogotá: ICBF.

Lim, T. (2015). *Edible Medicinal and Non- Medicinal Plants*. Londres: Springer.

Ministerio de Cultura y Patrimonio Ecuador. (2013). *Atlas Patrimonio alimentario*. Ecuador: Ministerio de Cultura y Patrimonio, Ecuador ama la vida.

Moreno, D. y Martínez, J. (1997). *Caracterización morfológica y evaluación del potencial de rendimiento de 10 genotipos de la colección general de cubio (Tropaeolum tuberosum)* (Trabajo de grado no publicado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Morillo, A., Morillo, Y., y Tovar, Y. (2016). Caracterización molecular de cubios (*Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón) en el departamento de Boyacá. Revista de Ciencias Agrícolas*, *33*(2), pp. 32-42. DOI: http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.50; http://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/3098

Ramos, M. A. (2002). *El rol de los cultivos marginales en la seguridad alimentaria*. La Paz, Bolivia: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Reyes García, M., Gómez Sánchez-Prieto, I., y Espinoza Barrientos, C. (2009). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf

Rivera, G. (2010). *Elaboración y valoración tradicional de tres productos alternativos a base de mashua para escolares del proyecto Runa Kawsay*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Rodríguez, G. (1999). Identificación de posibilidades de acondicionamiento y transformación de raíces y tubérculos autóctonos: arracacha *(Arracacia xanthorriza)*, ñame *(Discorea* sp.), ulluco *(Ullucus tuberosus)*, ibia *(Oxalis tuberosa*) y cubio *(Tropaeolum tuberosum)*. https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO2001000588

Tapia, M. E. y Fries, A. M. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Lima: FAO y ANPE.

Urresta, B. (2010). *Evaluación del valor nutricional de la harina de mashua (Tropaeolum tuberosum) en dietas para pollos de engorde* (Proyecto de grado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2062/1/CD-2866.pdf

Valcárcel-Yamani, B., Rondán-Sanabria, G. y Finardi-Filho, F. (2013). The physical, chemical and functional characterization of starches from Andean tubers: Oca *(Oxalis tuberosa Molina)*, *olluco (Ullucus tuberosus Caldas) and mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón). Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences (49)*3.

Vernaza, G., Guerra, A. y Bravo J. (2014). Estudio de la adición de harina de mashua *(Tropaeolum tuberosum)* en pan de molde**.** *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, *67*(2), 2014, Supl. II, pp. 470-472. http://www.medellin.unal.edu.co/iicta2014/doc/Memorias%20IICTA%202014.pdf