

Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
Colegio de Ciencias Agrícolas
ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRÍCOLA

Conjunto Tecnológico para la Producción de Apio



Abril 2022

Publicación 168

Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
Colegio de Ciencias Agrícolas
Estación Experimental Agrícola

CONJUNTO TECNOLÓGICO PARA LA PRODUCCIÓN DE APIO

Publicación 168

Abril 2022

Derechos Reservados

La Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico retiene todos los derechos sobre este documento. Se permite el uso o la reproducción parcial del mismo para usos educativos, siempre y cuando se dé crédito total a la EEA/UPR, citando la publicación, la fuente, la fecha de la publicación y el autor de la sección.

A nuestro mejor conocimiento, la información y recomendaciones contenidas en este conjunto tecnológico son correctas al momento de la publicación del mismo. Sin embargo, éstas pueden variar con el tiempo, por lo que se deben considerar solo como sugerencias.

Para obtener copias adicionales de este documento puede escribir a:

Oficina de Publicaciones
Estación Experimental Agrícola
Jardín Botánico Sur
1193 Calle Guayacán
San Juan, PR 00926-1118

CONTENIDO

Introducción.....	1
<i>Dra. Martha C. Giraldo, Catedrática Asociada</i>	
Importancia Económica en Puerto Rico.....	3
<i>Prof. Mildred Cortés, Catedrática</i>	
Botánica.....	6
<i>Dra. Martha C. Giraldo, Catedrática Asociada</i>	
Morfología de la Planta.....	8
<i>Dra. Martha C. Giraldo, Catedrática Asociada</i>	
<i>Las hojas.....</i>	8
<i>El tallo.....</i>	9
<i>Flores-Inflorescencia.....</i>	10
Valor Nutricional.....	12
<i>Dra. Rosa N. Chávez-Jáuregui, Catedrática</i>	
Cultivo de Apio	15
<i>Dr. Carlos E. Ortiz, Catedrático jubilado</i>	
<i>Prof. Carmen Milagros Alicea, Agente Agrícola jubilada</i>	
<i>Prof. Manuel Díaz, Especialista en Farináceos jubilado</i>	
<i>Dra. Martha C. Giraldo, Catedrática Asociada</i>	
<i>Prof. Ramón Martínez, Agente Agrícola jubilado</i>	
<i>Prof. David Matos, Agente Agrícola jubilado</i>	
<i>Requisitos medioambientales.....</i>	16
<i>Manejo del cultivo.....</i>	16
<i>Preparación del terreno.....</i>	17
<i>Fertilización.....</i>	17
<i>Cosecha.....</i>	19
<i>Diversidad genética.....</i>	19
<i>Catálogo de variedades de apio.....</i>	20
Principales Enfermedades y Plagas	24
<i>Dra. Martha C. Giraldo, Catedrática Asociada</i>	
<i>Enfermedades.....</i>	24
<i>Plagas.....</i>	27
Referencias.....	29

Coordinadora: Martha C. Giraldo

Los autores antes mencionados redactaron las secciones de este conjunto tecnológico bajo el sub-proyecto C-501-A.

Editora Técnica: Prof. Wanda I. Lugo

Introducción

Martha C. Giraldo, PhD

Arracacia xanthorrhiza Bancroft, cultivo farináceo conocido en Puerto Rico como apio, pertenece a la familia Apiaceae (antes Umbeliferae) a la que también pertenecen el apio de ensalada (*Apium graveolens* L.) y la zanahoria (*Daucus carota* L.). Este cultivo en Ecuador se conoce como Zanahoria blanca; en Colombia, Arracacha; en Venezuela, apio criollo; en Brasil, Mandioquinha salsa y Batata baroa; y en Bolivia, Racacha y Arracacha. En inglés se le llama “Peruvian carrot” o “White carrot”. Este farináceo fue una de las primeras especies domesticadas por el hombre andino, los Incas. Bukasov (1930) menciona que la arracacha es la planta cultivada más antigua de Sur América y que su cultivo habría precedido al de la papa y el maíz.

En Puerto Rico se cultiva principalmente en los municipios de Barranquitas, Orocovis y Naranjito, siendo un cultivo importante en la región montañosa central con un amplio potencial para su comercialización y procesamiento. En los últimos años ha crecido el interés por su producción comercial en otros municipios de la montaña como Jayuya y Yauco. Los agricultores de estos municipios están en la búsqueda de un cultivo alternativo que ofrezca exclusividad para su producción en la zona de altura, evitando así competir con otros cultivos que se producen en otras regiones más bajas de la Isla.



Tallos tuberizados producidos
en Barranquitas, 2016



Raíces tuberizadas producidas
en Jayuya, 2016

Este cultivo de origen Andino se ha adaptado al trópico, lo que ha permitido su producción en las montañas del Caribe. Su ciclo de producción puede variar desde los 6 a los 9 meses, dependiendo de la altura y las condiciones atmosféricas. Generalmente, en las regiones de Barranquitas, Orocovis y Naranjito se siembra alrededor del mes de agosto para tener una buena cosecha en el mes de abril del siguiente año, mes en el que anualmente se celebra el festival del apio. Sin embargo, se esperaría que en siembras realizadas durante los meses de noviembre y diciembre, cuando comienza la época de invierno, con temperaturas más bajas, los rendimientos fueran más altos, ya que esta planta requiere de días cortos para la tuberización de las raíces y tallos.

El apio forma parte de 25 raíces y tubérculos que son nativos de América del Sur, además, es la única Apiaceae domesticada en los Andes. Toda la planta es utilizada, la raíz se consume asada, hervida o frita, al igual que sus tallos engrosados o cabeza, y las hojas se usan para alimentación de ganado. Brasil y Colombia se destacan por ser los principales productores de apio del mundo; el área sembrada varía entre 42,200 cuerdas (16,600 hectáreas) en Brasil y 21,600 cuerdas (8,500 hectáreas) en Colombia, con un rendimiento promedio de 80.6 a 74 qq/cda (9.30 y 8.54 toneladas por hectárea), respectivamente. En Puerto Rico, en el 2017, la producción total de apio ascendió a 6,279 qq (285 toneladas). Ese mismo año se importaron 1,650 qq (75 toneladas) para suplir parte de la demanda local (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2019).

En esta guía se discutirá el valor nutricional, importancia económica, condiciones agroecológicas, sistema de siembra, material de propagación o semilla, preparación del suelo, enfermedades y plagas, manejo integrado para el control de enfermedades, control de malezas y cosecha de este cultivo.

Importancia Económica en Puerto Rico

Prof. Mildred Cortés



Apio local, 2018



Apio importado, 2018

El cultivo de apio en Puerto Rico ha representado por muchos años un nicho de producción de gran importancia para los municipios donde tradicionalmente se siembra. Este producto es de gran importancia para los agricultores de los municipios de Barranquitas, Orocovis y Naranjito. Localmente se produce sobre el 50% del apio que se consume en Puerto Rico, el restante proviene de importaciones. El 2017 fue uno de los años de mayor consumo reportado en los últimos años.

Cerca de cien agricultores se dedican a la producción comercial de apio, con un área de siembra que varía desde 0.25 hasta 15 cuerdas (0.1 a 5.9 hectáreas) por agricultor. Anualmente se siembran de 300 a 400 cuerdas (118 a 157 hectáreas) de este farináceo. Sin embargo, del 2011 al 2017 hemos visto fluctuaciones marcadas en la producción de apio debido mayormente a la pudrición del cormo.

La Estación Experimental Agrícola y el Servicio de Extensión Agrícola de la Universidad de Puerto Rico han estado trabajando en proyectos de investigación para identificar los factores que provocan la enfermedad conocida como la pudrición del cormo del apio (Rosa Márquez et al., 2000; Ortiz Vázquez et al., 2008; Cathme, 2017; Giraldo, 2018). El agente causal fue identificado (Giraldo, 2018; Cathme, 2017) y desde el 2017 los agricultores han recibido capacitaciones para el control de la enfermedad. Los agricultores están obteniendo resultados promisorios al seguir las recomendaciones, por lo que tenemos la expectativa de que en el futuro cercano Puerto Rico pueda suplir más del 80% del consumo local.

Según datos provistos por el Departamento de Agricultura (DA) de Puerto Rico (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2019), el 2016 fue el año de menor producción. Podemos atribuir gran parte de estas bajas producciones a la pudrición del cormo. De acuerdo a los datos del DA, ya para el 2017 se comenzó a observar una recuperación en la producción de apio (Cuadro 1). Se espera que esta recuperación se mantenga y eventualmente se registre un aumento continuo en producción para suplir la demanda del mercado local.

Cuadro 1. Producción, precio y valor de apio, años 2011-2017

	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17
Producción (qq)	5,858	16,096	17,214	11,626	11,692	3,025	6,279
Precio (qq)	63.74	65.61	67.15	72.07	73.76	78.35	96.85
Valor (\$'000)	373	1,056	1,156	838	862	237	608

1 qq = 100 lb = 45.36 kg

Fuente: Oficina de Estadísticas Agrícolas (2019), Departamento de Agricultura de Puerto Rico

En el 2009, Cortés y Gayol realizaron un estudio sobre preferencias de los consumidores por raíces y tubérculos en Puerto Rico. Los consumidores indicaron que el lugar de procedencia de las raíces y tubérculos es muy importante (77%) para ellos. Esta respuesta sugiere que los consumidores respaldarían la compra de apio producido localmente.



Exhibición durante el Festival de Apio en Barranquitas, 2018

Si los agricultores llevan al mercado producto fresco de alta calidad para suplir este nicho, se esperaría que la alta demanda repercutiera en más producción y que pudiéramos alcanzar a producir el 100% de la demanda local. Más aún, no podemos descartar la posibilidad de proveer este producto para mercados de alto valor en islas caribeñas cercanas, sobre todo para el sector de hoteles y restaurantes. Es importante destacar que el apio fresco, comparado con otros cultivos, tiene mayor largo de vida antes de que se inicie su deterioro, por lo que podemos llevarlo a diferentes mercados locales y externos sin que pierda su valor.

En otro estudio por Cortés y Gayol (2016) sobre las preferencias de los consumidores de hortalizas en Puerto Rico, el 64% de los entrevistados mencionaron que saben diferenciar entre el producto local y el importado; además, el 87% encuentra diferencias entre el producto local y el importado. Estas aseveraciones colocan al cultivo local en una posición ventajosa para el mercadeo del mismo. En el mismo estudio se reportó que el 96% de los entrevistados indicaron que prefieren la producción local.

Cónsono con este último planeamiento, el 95% indicó que la procedencia del producto es muy importante. Por ser este cultivo un nicho de mercado, es evidente que tenemos la posibilidad de, con un manejo adecuado, suplir la producción local.

Botánica

Martha C. Giraldo, PhD

Árbol Taxonómico

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

División: Spermatophyta

Subdivisión: Magnoliophyta - Angiospermae

Clase: Dicotyledonae

Orden: Apiales

Familia: Apiaceae

Género: *Arracacia*

Especie: *xanthorrhiza*



Arracacha, *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha comestible, *Arracacia esculenta*), root vegetable of the Andes. Hand colored copperplate engraving by Swan after an illustrated- by William Jackson Hooker from Samuel Curtis's "Botanical Magazine," London, 1831. - Image ID: 2A77CA2

El apio (*Arracacia xanthorrhiza*) pertenece al género *Arracacia* y a la familia *Apiaceae*, antes conocida como *Umbeliferae*, al igual que la zanahoria y el cilantrillo. El apio ha sido cultivado en la región Andina desde Colombia hasta Bolivia, en donde es frecuente encontrar material silvestre como *A. equatorialis* y *A. andina*.

La familia *Apiaceae* tiene aproximadamente 300 géneros y de 2500 a 3000 especies. Dentro del género *Arracacia* existen cerca de 30 especies distribuidas entre México, Centro América y Sur América, pero solo la especie *xanthorrhiza* es cultivada (Hermann, 1997). El apio es una raíz andina; esta raíz tuberizada forma cormelos o rizomas como la zanahoria, los cuales se usan para consumo humano en la región Andina. En Puerto Rico y el Caribe, por la manera en que se siembra, lo que se utiliza para el consumo humano es el tallo modificado, que tuberiza formando una cabeza o cormo. Se considera una planta perenne con un sistema de reservas que bajo condiciones de estrés florece comportándose como una planta bianual.

El apio se considera un cultivo rústico de poco mantenimiento que puede sembrarse durante todo el año, por lo que el agricultor puede manejarlo de acuerdo con la demanda del producto y asegurarse mejores precios. Se reporta que llegó a Puerto Rico desde Venezuela y que fue inicialmente cultivado en la parte norte de Ponce (Cook y Collins, 1903).

A pesar de su contenido de almidón y fibra en las raíces y cabeza, es considerado como alimento secundario de las comunidades indígenas. Sin embargo, dentro del grupo de cultivos de raíces y tubérculos Andinos (ARTC), el apio ha logrado permanecer en un nicho de mercado estable; se cultiva extensamente en América del Sur y el Caribe (Hermann, 1997).

La cantidad de cultivares de apio en Brasil se ha incrementado desde 1985 debido a una adecuada selección de cultivares de Colombia y del país, logrando ampliar su banco de germoplasma. A partir del 2000 se empezó a trabajar con semilla sexual producto de la polinización de las flores de apio (Madeira y José De Souza, 2004). Como resultado se obtuvo un grupo importante de cultivares mejorados óptimos para diferentes regiones productoras en Brasil, tales como Amarela común, Branca, Rosa de Vicosá, Amarela de Senador Amaral, Rubia 41, Catarina 64 y Carijó 58.

Morfología de la Planta

Martha C. Giraldo, PhD

La planta de apio se compone de cinco fracciones: raíz, cabeza o cormo (tallo), corona, hijuelos que se forman desde la corona, y hojas compuestas de tres a cuatro foliolos laterales opuestos y uno apical (Figura 1). La coloración de las hojas y peciolo puede variar de verde, rojizo a morado intenso. Esta descripción es una modificación de Barrera et al. (2004).



Figura 1. Morfología de la planta de apio.

Las hojas

Las hojas son compuestas, con tres o cuatro foliolos laterales opuestos y uno apical, miden hasta 19.7 pulg (50 cm) de largo, con un número que varía de 55 a 95 hojas por planta. Las hojas inferiores son pecioladas y se dividen en pinadas de forma irregular; las superiores son sésiles y están divididas en lóbulos, los bordes son dentados.

El apio desarrolla una gran cantidad de follaje, en algunos casos alcanzando una altura de 4.92 pies (1.5 metros). Su comportamiento es anual en lo que se refiere a la producción de raíces, y bianual en su ciclo vegetativo, ya que es cosechado a los 10 o 12 meses (Amaya y Julca, 2006).

El tallo

El tallo se compone de una cepa llamada corona, de forma cilíndrica corta, de la cual salen ramificaciones cortas o brotes denominados colinos o hijuelos. En el tallo se encuentra la cepa, cabeza o cormo, llamada madre, y los hijos con sus hojas. La cabeza es cilíndrica, cubierta por muchos surcos transversales configurando una superficie rugosa, su tamaño puede variar según la profundidad de siembra.

Entre la corona y las raíces se encuentra una cabeza o cormo, la cual, hacia la parte superior, da origen a hijuelos en la corona y éstos a su vez a los tallos y hojas; en la parte inferior da origen a las raíces tuberosas. Los hijuelos, que son el material de propagación del apio, crecen en la corona y se cubren de hojas envoltentes que salen a la superficie.

Cuando la siembra del hijuelo se realiza de forma profunda, como se acostumbra en Puerto Rico, el tallo se desarrolla más largo y grande; esta sección es la que se consume y se conoce como cabeza o cormo. A diferencia, cuando la siembra se realiza en la parte superior del banco, se produce una cabeza pequeña o corta y entre 4 a 10 raíces tuberosas, que es lo que se consume en la región Andina (Figura 2)

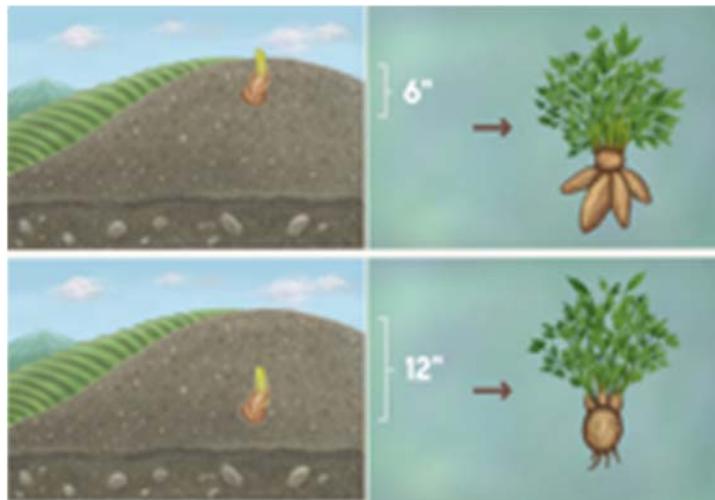


Figura 2. Efecto de la profundidad de siembra de los hijuelos en la producción de apio.

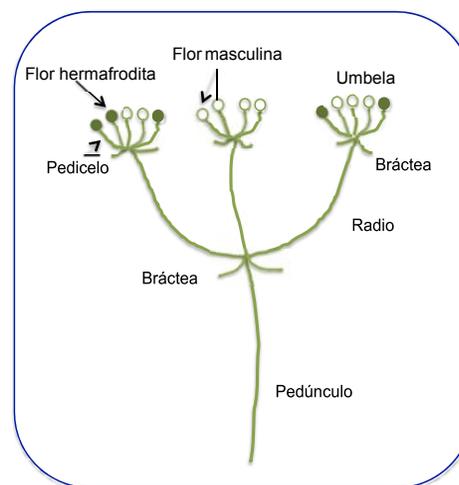
Flores - Inflorescencia

El apio es una especie hermafrodita, lo que significa que tiene una flor perfecta en la parte externa de la umbélula con flores femeninas y masculinas funcionales. Aunque generalmente en la parte interna solo existen flores estaminadas, las flores son muy pequeñas y el fruto desarrolla un máximo de dos granos. Estas flores son polinizadas por insectos. Un cormelo ya desarrollado tiene la capacidad de generar un tallo con varias inflorescencias. Es importante removerlas ya que su presencia reduce la producción de la cabeza y de las raíces tuberizadas.

El eje floral presenta alrededor de 15 a 20 umbelas compuestas, la inflorescencia en cambio es una umbela compuesta con 8 a 14 umbélulas, cada umbela tiene entre 10 y 25 flores. Las semillas rara vez se forman, ya que las plantas generalmente se cosechan antes de que se produzcan las flores. El conjunto de semillas se ve afectado por las altas temperaturas y las anteras se marchitan antes de que puedan arrojar polen.



Floración en Barranquitas, Puerto Rico



Esquema descriptivo de la inflorescencia, umbela compuesta, del género *Arracacia*, tomado de Hermann, M. y J. Heller (ed.), 1997

La floración es un evento raro en los Andes, pero es frecuente en zonas que se encuentran alrededor de los 2,950 pies (900 m.s.n.m.) de altitud, como es el caso en Puerto Rico. El periodo de floración puede durar de 1 a 2 meses. En Brasil (hemisferio sur), la floración ocurre entre julio y octubre debido a las bajas temperaturas y los días cortos que se presentan a mediados del año. También estos autores mencionan que la deshidratación de las partes aéreas de las plantas adultas y su cultivo posterior induce la floración en 90 % de las plantas, y así lo han comprobado en Brasil y Ecuador.

Dependiendo de la época de siembra y de las condiciones ambientales, las plantas de apio pueden florecer y producir semilla botánica o sexual viable. En Puerto Rico esta floración no ocurre de forma espontánea, ésta puede ser inducida por estrés hídrico o por la presencia de alguna plaga como ácaros o trípidos.



Espécimen de herbario de un cultivar silvestre de *Arracacia xanthorrhiza* recolectado en Cusco, Perú. (Lot.: Provincia Anta, 22 km de Ancahuasi hacia Limatambo, 13°28' S, 72°23' O, 2900-3100 m.s.n.m., Hermann, Cortés & Alvarez 764, MOL, UC.) Escala 10 cm.

Valor Nutricional

Rosa N. Chávez-Jáuregui, PhD

La composición química de la harina de tres secciones del apio criollo (amarillo) en Puerto Rico se presenta en el Cuadro 1 (Chávez-Jáuregui et al., 2019). Se observa que el principal componente es el extracto libre de nitrógeno (ELN), el cual está constituido principalmente por carbohidratos, siendo el almidón el más abundante, seguido de ceniza, fibra cruda y proteína. La grasa fue el componente minoritario.

El contenido promedio de humedad en la harina de apio (5.83 %) en las tres secciones fue bajo, lo cual es favorable para su almacenamiento a temperatura ambiente. El contenido de humedad fue menor comparado con lo reportado por Marín et al. (2011) para harina de apio común (8.7 %), y por Londoño-Restrepo et al. (2018) para harina de arracacha amarilla (10.80 %).

En promedio, de las tres secciones, el mineral más abundante encontrado en este estudio fue el potasio (2956.67 mg/100 g), seguido por el fósforo (246.67 mg/100 g), calcio (130 mg/100 g) y magnesio (53.33 mg/100 g). En el estudio de Marín et al. (2011) el contenido promedio de fósforo (1355 mg/100 g) fue mayor, pero el contenido de potasio (1360 mg/100 g), de calcio (85 mg/100 g) y de magnesio (18 mg/100 g) fue menor que en las tres variedades de apio evaluadas en nuestro estudio.

Los resultados obtenidos revelaron que la composición de la harina obtenida a partir del tope del cormo fue similar a la del cormo, por lo que se recomienda que en la elaboración de harina se aproveche todo el cormo o cabeza del apio.

Cuadro 1: Composición proximal de la harina de apio (base seca)

Componentes (%)	Raíz tuberizada (Batatita)	Tallo tuberizado (Cormo o Cabeza)	Tope del Cormo (Base de los hijuelos)
Humedad	6.37±0.42	5.65±0.33	5.48±0.29
Cenizas	5.25±0.24	7.47±0.11	8.05±1.22
Grasa	0.80±0.03	0.82±0.01	1.28±0.24
Proteína cruda (Nx6.25)	2.12±0.17	3.39±0.17	6.69±0.21
Fibra cruda	3.49±0.14	3.86±0.22	4.12±0.15
ELN*	81.97	78.81	74.38
Almidón total	89.54±2.98	89.90±2.61	86.90±2.09
Amilosa	12.34±1.60	18.60±0.74	18.62±1.18
Minerales (mg/100 g)			
Aluminio	1.26±1.17	1.88±1.19	2.86±1.13
Boro	1.01±1.00	0.94±0.29	0.87±1.16
Calcio	90±0.00	160±0.00	140±0.03
Hierro	0.96±1.19	2.38±1.42	3.17±1.19
Potasio	2500±0.04	3140±0.04	3230±0.79
Magnesio	40±0.00	60.00±0.00	60±0.02
Manganeso	0.23±0.04	0.65±0.03	0.94±1.25
Fósforo	170±0.00	290±0.00	280±0.07
Zinc	2.88±1.14	5.31±0.01	6.79±1.81

Los valores representan la media ± desviación estándar, expresados en base seca.

* ELN= extracto libre de nitrógeno: 100 - (proteína+ cenizas + fibra + grasa + humedad).

Fuente: Chávez-Jáuregui et al. (2019).

Por otro lado, el contenido de almidón total en el almidón aislado de arracacha morada y amarilla varió de 82.75 a 91.44 % y el contenido de amilosa de 32.74 a 31.14 %, respectivamente (Londoño Restrepo et al., 2018). Además, en la literatura se encontraron valores más bajos de amilosa, de 17.81 a 28.21 % para apio en Brasil (Rocha et al., 2008; Leonel et al., 2016) y para la variedad venezolana (Tapia et al., 2012).

Las raíces tuberizadas de apio son fuente potencial de almidón, el cual se considera fácil de cocinar y se puede utilizar en la preparación de sopas, alimentos para bebés, panes, purés y pasteles debido a que tiene propiedades funcionales especiales. Este almidón tiene una temperatura de gelatinización baja, un pico de viscosidad alto, y una baja tendencia a la retrogradación y sinéresis, lo cual contribuye a su alta digestibilidad (Rocha et al., 2008).

El consumo del apio ayuda a la regulación de funciones fisiológicas como la digestión en personas con enfermedades degenerativas y en recién nacidos, por su contenido único de almidones, aceites y sales minerales.

Cultivo de Apio

Carlos E. Ortiz, PhD

Prof. Carmen Milagros Alicea

Prof. Manuel Díaz

Martha C. Giraldo, PhD

Prof. Ramón Martínez

Prof. David Matos

MANEJO DEL CULTIVO

Requisitos medioambientales

Manejo del cultivo

Preparación del terreno

Fertilización

Cosecha

Diversidad genética

Requisitos medioambientales

El apio crece mejor en las tierras altas tropicales, de 2,950 a 10,830 pies (900 a 3300 m) de altitud, con una precipitación anual que varía de 23.6 a 196.8 pulg (600 a 5000 mm) y temperaturas medias de 59 a 68 °F (15-20 °C). En tierras Andinas no tolera las heladas. La especie no desarrollará las raíces de almacenamiento y se verá afectada con mayor frecuencia por plagas y enfermedades en ambientes cálidos y húmedos. Las plantas prosperan mejor cuando la humedad del suelo está disponible durante todo el período de cultivo. Requiere de sol directo, su siembra en un área con sombra reduce la producción de las raíces de almacenamiento. Crece en suelos bien drenados (arcillosos) con pH ácido, neutro o alcalino, pero con una mayor producción en suelos con pH neutro.

Las plantas toman entre 120 a 140 días para producir, y de 300 a 400 días para producir tubérculos maduros. Una planta puede producir de 4.4 a 6.6 lb (2 a 3 kg) de cormos o raíces tuberizadas; evitar la floración puede incrementar el peso de la producción. Las plantas son sensitivas al largo del día, requieren días cortos para iniciar la tuberización o llenado de la cabeza.

Para una siembra comercial de apio, se recomienda que se utilice un sistema de riego. El área óptima para su cultivo es en lugares altos, con temperaturas frías, sin sombra, y en suelos bien drenados con un pH entre 5 a 6, siendo 5.8 el ideal. Se recomienda que la siembra se realice durante los meses de agosto y septiembre, para que la etapa de tuberización coincida con meses de días más cortos desde noviembre a febrero.

Manejo del cultivo

El proceso de establecimiento de un cultivo comercial de apio comienza con la selección de hijuelos que se obtienen de plantas fisiológicamente maduras y libres de enfermedades, consideradas como plantas madre.

Los hijuelos se apartan de las partes laterales de la corona y se separan mediante un corte en forma de bisel. Luego se someten a un tratamiento de desinfección con soluciones que suprimen el crecimiento de hongos y bacterias patogénicas. Estas soluciones de desinfección generalmente se preparan a base de cloro, peróxido de hidrógeno o aceites naturales. Posteriormente, los hijuelos se seleccionan por tamaño y se almacenan bajo sombra por un periodo no mayor a 7 días antes de la siembra. En siembras comerciales en Brasil y Ecuador, también se realiza la siembra con plantas pre-brotadas o pre-enraizadas en el vivero, para asegurar una germinación cerca de un 100 por ciento de la siembra y homogeneidad al momento de la cosecha. Al momento de la siembra, se pueden aplicar productos comerciales para uso orgánico a base de microorganismos efectivos, micorrizas o aceites naturales de ajonjolí, canela, clavos o tomillo a los hijuelos, para combatir nematodos y otros patógenos del suelo.

Preparación del terreno

En la preparación del terreno para la siembra usualmente se realiza una pasada de arado y de rastra; la siembra del material vegetativo se realiza en bancos, con una distancia de siembra de 1.5 pies entre plantas y de 3 pies entre bancos. Debido a la topografía del terreno, en Puerto Rico los agricultores de apio generalmente preparan los bancos con el uso de bueyes. Los hijuelos se siembran acostados en la parte baja del banco, estimulando así la formación y crecimiento de la cabeza. Por el contrario, cuando el material de propagación es colocado en la parte alta del banco se estimula la formación de raíces tuberosas.

Los drenajes naturales del predio no se deben arar y se deben mantener con vegetación para protegerlos de la erosión. Durante las operaciones de arado se incorporarán al suelo todos los residuos de la vegetación existente con el propósito de ayudar a mejorar la estructura del suelo añadiendo materia orgánica. Para controlar la erosión del suelo, las operaciones de arado y rastrillado se realizarán al contorno. Los técnicos del Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS) de su área pueden ayudarle a marcar líneas guías con el declive o caída y la separación entre zanjas recomendada de acuerdo al tipo de suelo y a la topografía de su finca. También pueden recomendar y ayudarle a realizar otras prácticas de conservación.

El apio se ha adaptado en la Isla a suelos arcillosos con declive y con poca materia orgánica. En plantaciones que han sido fertilizadas con altas dosis de nitrógeno, fósforo y potasio se ha reportado que en el follaje se concentra gran parte del nitrógeno y fósforo aplicados en el suelo comparado con la acumulación en las demás partes de la planta (Ortiz et al., 1998). El potasio es importante en el transporte de azúcares hacia las raíces, permitiendo la tuberización, dándoles mayor vigor a las plantas, mejorando su actividad fotosintética y ayudándolas con la resistencia a plagas y enfermedades (Amaya y Julca, 2006).

Fertilización

El plan de fertilización se debe basar en un análisis físicoquímico del suelo antes de la siembra. Generalmente, para las áreas productoras de apio en Puerto Rico se recomienda una combinación con alto contenido de potasio y elementos menores, especialmente magnesio. Según el Conjunto Tecnológico de Raíces y Tubérculos (Estación Experimental Agrícola, 1997), la formulación de fertilizante más utilizada en la región de los municipios de Barranquitas y Orocovis es 8-8-12 con elementos menores, a razón de 2 onzas por planta por aplicación. La primera aplicación debe realizarse al mes de la siembra, cuando las plantas hayan brotado y desarrollado raíces, y la segunda a los 4 meses. Esta combinación puede variar, lo importante es que la razón de potasio sea más alta que el nitrógeno y el fósforo, y así evitar que la planta se vaya en 'vicio', produciendo mucho follaje verde y pocos tubérculos.

En municipios como Barranquitas, Orocovis, Naranjito y Aibonito, donde los suelos son más arcillosos y donde se ha presentado la enfermedad de la pudrición del cormo de apio, se recomienda el uso de enmiendas orgánicas, rotación con maíz o habichuela y uso de plantas cobertoras como la crotalaria (*Crotalaria juncea*) y caupí (*Vigna unguiculata*) en rotación o intercalado. Estas prácticas contribuirán a aumentar el nivel de materia orgánica en estos suelos y reducir las poblaciones de nematodos fitoparasíticos en (Empresa de Farináceos, Boletín NO. 1, 2018).

En áreas como Jayuya, donde los suelos son arenosos con un contenido alto de materia orgánica, podría no ser necesario el uso de abono (dependerá de los resultados del análisis de suelo). Sin embargo, se pueden hacer aplicaciones de elementos menores si ocurre amarillamiento en las hojas durante el desarrollo temprano del cultivo.

La mayor inversión que requiere este cultivo se concentra en el control de malezas y en el aporque (o atierro) durante el desarrollo del cultivo. Se requiere un control oportuno de malezas para evitar que las plantas de apio tengan que competir por espacio, agua, luz, CO₂ y nutrientes durante su desarrollo. La producción se puede reducir hasta en un 50% debido a la interferencia de las malezas (Del Valle-González et al., 1990). El aporque y el control de malezas son actividades que se realizan juntas. El aporque es muy importante ya que estimula el crecimiento de la cabeza, al soltarse el suelo alrededor de la cabeza. El agricultor aprovecha el momento en que realiza la remoción de malezas para realizar el aporque. El control de malezas se realiza de forma mecánica o manual, teniendo cuidado de no lastimar las raíces, hasta que el follaje de la planta cubre el área y ya no es necesario controlarlas. El cultivo puede tardar aproximadamente tres meses para que el follaje cubra la superficie del suelo. Si durante la época de siembra hay humedad en el suelo se puede usar un herbicida pre-emergente debidamente registrado para este cultivo.

Otro factor importante para el manejo del cultivo del apio es el riego suplementario. En Puerto Rico, la mayoría de los agricultores no tienen sistema de riego suplementario en sus fincas, lo cual les restringe a planificar la siembra de apio para la temporada de lluvia. Sin embargo, debido al cambio climático estas temporadas ya no son tan predecibles como hace unos años.

Para las siembras comerciales, es importante considerar sembrar en la época del año con días cortos y aire más frío para asegurar una mayor producción. Si se tiene el sistema de riego suplementario, esto permitirá al agricultor planear la siembra en esta época sin consideración de si es época de lluvia o no.

Cosecha

Normalmente el apio se puede cosechar a partir del séptimo mes después de la siembra dependiendo del desarrollo de la plantación. El periodo de cosecha puede extenderse hasta los doce meses y depende de la demanda del mercado, la condición del predio y la susceptibilidad a plagas (pudrición del cormo y ataque por ratones). Después de ese periodo el apio tiende a sobre madurarse. Rendimientos promedio de 100 qq por cuerda son aceptables.

Para la venta, el apio debe estar limpio y con buena apariencia. Para conseguirlo, evite la acumulación excesiva de suelo sobre las cabezas de apio. Evite dañar las cabezas al removerle la semilla y las raíces o al lavarlas. Evite los daños mecánicos durante el transporte ya que esto afecta adversamente la apariencia del producto.

No incluya apio con podredumbre entre aquellos para la venta. Un apio con podredumbre contamina los demás y reduce la posibilidad de mercadeo en sus próximas cosechas. Es recomendable coordinar la venta antes de cosechar.

Diversidad genética



Festival de apio en Barranquitas - Exhibición de las variedades más comunes en Puerto Rico: apio morado, apio blanco y apio criollo.

Se cree que el apio fue introducido a Puerto Rico desde Venezuela por refugiados españoles. Las primeras siembras de apio se reportaron en las montañas de Ponce, donde grandes cantidades de apio aparecieron en los mercados. Desde esa época el cultivo de apio se adoptó y se adaptó a las condiciones tropicales de la Isla, muy posiblemente con cambios genéticos que le permitieran su producción a alturas por debajo de los 2,950 pies sobre el nivel del mar (900 msnm). La falta de variedades mejoradas de apio en Puerto Rico ha sido un factor limitante para la producción del cultivo. Las variedades existentes son susceptibles a “la pudrición del cormo”, una de las enfermedades más limitantes para este cultivo en la Isla.

Morillo, Knudsen y Sécond (2017) realizaron un análisis de la diversidad genética de apio proveniente de Perú y Ecuador. La moderada diversidad genética encontrada en las variedades cultivadas puede ser una consecuencia de la reproducción asexual o vegetativa que selecciona ciertas características deseables en el proceso de domesticación, reduciendo así el acervo genético de una especie (Morillo y Sécond, 2016).

En 1980, la Estación Experimental Agrícola (EEA) introdujo doce variedades de apio desde Colombia a Puerto Rico para ampliar el germoplasma en la Isla. De estas doce variedades solo tres se adaptaron: el apio morado, que posee follaje morado y pulpa amarilla; el apio blanco, que tiene follaje verde y pulpa blanca; y el apio criollo con follaje verde y pulpa amarilla (del Valle et al., 1989).

Actualmente, la EEA tiene un proyecto de conservación y evaluación del material genético de apio presente en la Isla. Se realizó un estudio de diversidad genética utilizando los mismos marcadores (SSRs) evaluados en Ecuador por Morillo, Knudsen y Sécond (2017) en colaboración con el INIAP (Cevallos, 2019). Se encontró que los tres cultivares de apio adaptados en Puerto Rico tienen un origen diferente a las variedades de Perú y Ecuador. En el estudio también se encontró que el apio de pulpa blanca y el apio de pulpa amarilla se diferencian genéticamente entre ellos. Estos resultados apoyan la teoría de que estos materiales hayan sido introducidos desde Venezuela por el movimiento de migrantes españoles a Puerto Rico, o desde Colombia, por las introducciones de material que realizó la EEA en 1980.

Las variedades encontradas en la Isla, en los municipios de Barranquitas, Orocovis, Yauco (Bo. Río Prieto) y Jayuya, son seis. Dentro de esta guía contamos con el primer **catálogo de estas variedades**, preparado por su importancia para la conservación y futuro mejoramiento del cultivo.

Catálogo de variedades de apio, *Arracacia xathorriza*, en Puerto Rico



La variedad más común y de mayor producción en la Isla, por ser la preferida en el mercado local, es el **Apio Criollo**. Esta variedad presenta pulpa amarilla de olor aromático, follaje verde, peciolo verdes, la base del peciolo blanca y, como característica morfológica distintiva, presenta un anillo lila en la base de los hijuelos (semilla).



Otra variedad de pulpa amarilla que no es tan común en las siembras comerciales de apio es la conocida como **Apio Supermorado**. Se reconoce por su follaje verde oscuro con venas y peciolo de color morado intenso, los brotes de hojas tiernas o jóvenes son de color morado intenso igual que los peciolo, la base de los peciolo es de color blanco y la pulpa es de color amarillo y olor aromático. Aunque esta variedad se puede comercializar al igual que el apio criollo no se produce de forma comercial por ser más susceptible, se siembra como una especialidad por el color de su follaje.



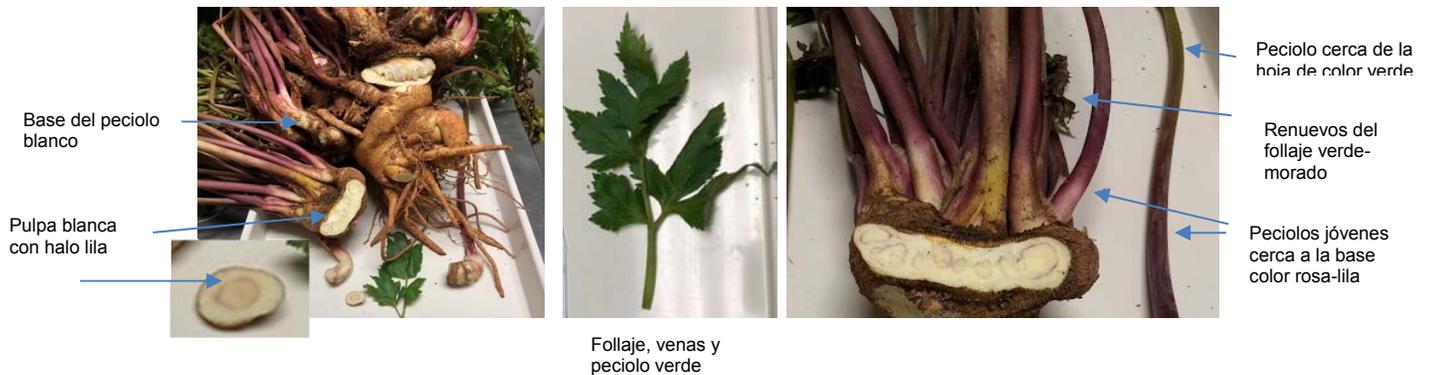
La variedad conocida como **Apio Blanco** se reconoce por presentar follaje y peciolo de color verde con la base de los peciolo de color lila brillante, la pulpa es de color blanco con poco olor aromático.



En Puerto Rico también se encuentra otro apio de pulpa blanca conocido como **Apio Supermorado Blanco**. Éste presenta la base de los peciolo con tonos de color rosa a lila, peciolo morados y follaje verde, los renuevos del follaje presentan venas y bordes morados, la pulpa blanca presenta poco olor aromático.



Una variedad poco común, pero que se encuentra en la Isla en el área de Yauco Río Prieto es un apio de **Pulpa blanca con Halos o círculos internos de color morado**. Los peciolo y el follaje son verdes, cerca de la base de peciolo jóvenes se presenta un color tenue de rosa a lila con la base de los peciolo de color blanco. Esta variedad se puede confundir con el apio supermorado blanco, ya que sus características externas son idénticas.



En la Isla también se encuentra una variedad de apio de pulpa crema, que por sus características externas se confunde con el apio criollo o el apio blanco. Esta variedad presenta follaje, venas y peciolo verdes. Una característica difícil de percibir es el color rosa-lila en la base del peciolo de los hijuelos más desarrollados, y su pulpa de color crema de olor poco aromático.



Principales Enfermedades y Plagas

Martha C. Giraldo, PhD

PRINCIPALES LIMITANTES PARA EL CULTIVO

1. ENFERMEDADES

2. PLAGAS

Enfermedades

En general, el cultivo de apio no presenta enfermedades o plagas importantes a nivel mundial. Sin embargo, la rotación del cultivo es muy importante para evitar la aparición de enfermedades limitantes para su producción. En Puerto Rico la producción de apio se circunscribe a unos pocos municipios y fincas en el área de la montaña, por lo que no se practica la rotación con otros cultivos y, por tanto, se han agudizado los problemas de pudrición del cormo.

Pudrición del cormo de apio

La enfermedad más limitante en la producción de este cultivo es la pudrición del cormo, que puede causar grandes pérdidas en rendimiento. Desde que apareció la enfermedad, el rendimiento del cultivo ha estado disminuyendo. Esta situación obliga a importar apio de otros países para suplir la demanda.

Los síntomas principales de la enfermedad incluyen: marchitez y coloración amarillenta de la planta y podredumbre húmeda del cormo colonizada por bacterias y hongos. Esta colonización afecta directamente la calidad del cormo y la salud de las semillas vegetativas. Esta pudrición puede presentarse como una pudrición seca o como una pudrición acuosa o húmeda, dependiendo del medio ambiente y de si la temporada de siembra es en una época seca o de lluvia.

En estudios realizados por la Estación Experimental Agrícola se caracterizó la enfermedad como un complejo de hongos y bacterias. En el año 2000, se informó a *Phytophthora palmivora* como un agente causal relacionado con la pudrición del cormo (Rosa-Márquez et al., 2000). En otros estudios, hongos como *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp. y la bacteria *Erwinia* sp., se identificaron como asociadas con la enfermedad (Ortiz-Vázquez et al., 2008).

En 2017, se realizó un estudio en Barranquitas para determinar el agente causal de la pudrición del cormo de apio y desarrollar un método de control efectivo de esta enfermedad. Se realizó un análisis de suelo para identificar otros patógenos como nematodos, encontrando e identificando al nematodo fitoparasítico *Rothylechulus reniformis* en altas poblaciones, especialmente en los suelos de las fincas donde se presentaban mayores síntomas de pudrición del cormo (Cathme, 2017). A su vez se identificaron hongos y bacterias que podrían variar dependiendo de la época (seca o de lluvia).

Rothylechulus reniformis en poblaciones altas puede causar pérdidas de rendimiento del 40 al 60 %, debido a que da oportunidad de ingreso al sistema radicular de la planta a saprófitos del suelo como *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* y *Verticillium* spp. causando pudrición. Cathme (2017) también identificó hongos como *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Rhizopus* spp., *Mucor* spp. y bacterias como *Erwinia carotovora*, *Clavibacter michiganensis* y *Pseudomonas* spp. Ante estos hallazgos se propuso un plan de manejo integrado para el control de la pudrición.

La Estación Experimental Agrícola–UPRM publicó un boletín para la Empresa de Farináceos con recomendaciones para la implementación de un plan de manejo integrado para el control de la pudrición del cormo de apio. Este plan de manejo contempla el uso de semilla seleccionada y descontaminada; el uso de enmiendas orgánicas, como el uso de composta con gallinaza; la rotación con un cultivo tolerante a nematodos, como el maíz y la habichuela; y la incorporación de plantas cobertoras con componentes nematicidas, como la crotalaria y el caupí.

Se realizó un experimento en el campo para verificar la efectividad del plan de manejo integrado para el control de la pudrición. El uso de estas prácticas permitió obtener material de apio sano, 100 % comercial, con 0 % de daño en los cormos, como se observa en las fotos que se presentan a continuación, en la última cosecha de esta investigación.



En la foto se observan los cormos de apio cosechados en abril de 2019.



En la foto se observan los hijuelos o semilla de apio cosechados en abril de 2019.

Pecas de las hojas de apio

SEPTORIOSIS (*Septoria apii*)

Se producen manchas grandes y pequeñas, generalmente en las zonas más externas de las venas de la hoja. Bajo condiciones favorables de humedad, el hongo cubre toda la hoja con manchas. Estas manchas son irregulares, blancuzcas o pardas, limitadas por una zona rojiza o por un borde delgado más oscuro.

ALTERNARIOSIS (*Alternaria* spp.)

La alternariosis es una enfermedad causada por el hongo fitopatógeno *Alternaria* spp. Se encuentra siempre presente en el cultivo del apio, y su incidencia y severidad dependerán de las condiciones ambientales. Se agrava cuando el cultivo lleva mucho tiempo en el campo. El hongo afecta la parte aérea de la planta como hojas, tallos y peciolos. Se presenta inicialmente como puntos oscuros con un halo amarillo que puede llegar a abarcar toda la hoja. Puede causar defoliación, lo que puede verse reflejado en la reducción de rendimiento del cultivo.

Plagas

Las principales plagas que afectan al cultivo de apio en su primera fase de desarrollo son las lapas y los caracoles, los cuales se pueden controlar con productos de amplio rango que estén registrados para uso en *Arracacia xanthorrhiza*.

Los insectos plaga que afectan al cultivo durante su desarrollo son el áfido del tallo y la raíz, *Brevicorynae brassicae*; el pulgón, *Myzus persicae*; la arañita roja, *Tetranychus urticae*; y los tripsidos. Se han identificado algunos enemigos naturales, como los hongos *Metarrhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Septobasidium* sp., los cuales se pueden encontrar en productos comerciales para el control biológico de estas plagas. También se pueden usar plaguicidas químico-sintéticos con registro que cubran un amplio rango de insectos en etapas tempranas y después durante su desarrollo. Estos plaguicidas se deben usar en rotación con otros cuyo modo de acción sea diferente.

El Cuadro 1 incluye una lista actualizada de productos con registro para uso en *Arracacia xanthorrhiza*. Para el uso de los productos en la tabla refiérase a las etiquetas con sus instrucciones para hacer uso efectivo y seguro de los mismos. Se puede dirigir a las siguientes direcciones electrónicas: cdms.net, agrian.com, ir4.eea.uprm.edu para mayor información sobre su uso.

ACCIÓN	PRODUCTO	INGREDIENTE ACTIVO	PLAGAS A CONTROLAR
Insecticidas y Acaricidas	Abba	Abamectina	ácaros, tripsos, minadores
	Actara	tiametoxam	áfidos, mosca blanca, tripsos, coleópteros
	Admire	imidacloprid	áfidos, moscas blancas, tripsos
	Alias		
	Midash forte		
	Brigade	bifentrin	ácaros, áfidos, mosca blanca, coleópteros, otros
PyGanic	piretrina	ácaros, áfidos, mosca blanca, coleópteros, otros	
Fungicidas	Acadia	Azoxystrobin	Rhizoctonia, Pythium, Sclerotium, Cercospora, Alternaria, Anthracosis, Fusarium
	Azoxystar		
	Quadris		
	Badge SC	copper hydroxide + copper oxychloride	Phytophthora, Rhizoctonia, Anthracosis, Xanthomonas, Pseudomonas, Alternaria, Cercospora
	Debug	Azadiractina+neem	Fusarium, Pythium, Rhizoctonia
	Kocide 3000	Copper hydroxide	Alternaria, Anthracosis, Pseudomonas, Cercospora, Phytophthora
	K-phite 7LP	Phosphorous acid, mono- and dipotassium salts	Damping off, Pythium, Rhizoctonia, Ralstonia, Phytophthora, Anthracosis, Cercospora, Sclerotinia, Xanthomonas, Alternaria
	Ridomil Gold	Mefenoxam	Phytophthora, Pythium, Damping off, Root rot
	Sanidate 5.0	Hydrogen Peroxide + Peroxyacetic Acid	Fusarium tuber rot, Bacterial soft rot, Pythium leak
	Soilgard	Gliocladium virens GI-21	Fusarium, Pythium, Rhizoctonia, Sclerotinia
Nematicidas	Aza Gard	Azadiractina	Nemátodos
	Azatrol		
	Ecozin		
	Neemix		
	Debug	Azadiractina+neem	
	DiTera	Myrothecium	
	Sectagon	Metam-potassium	
	InLine	1, 3-dichloropropene +Chloropicrin	

Cuadro 1. Productos con registro para uso en *Arracacia xanthorrhiza*

Preparado por el Agro. Manuel Díaz y el Agro. Miguel Ángel García Carrucini, del Servicio de Extensión Agrícola 2021.

Los nombres de productos o marcas registradas en esta publicación no constituyen una recomendación o garantía por parte de la Universidad de Puerto Rico, ni endoso sobre otros productos que no se mencionen. Los productos mencionados tenían registro de uso para este cultivo en Puerto Rico al momento de prepararse esta lista. Algunos productos pueden perder su registro y otros pueden ser aprobados en cualquier momento.

Referencias

- Álvarez, M. (2001). Manejo y conservación in-situ de mauka (*Mirabilis expansa*, R. y P.) Standley Yacon (*Smallanthus sonchifolius*, H. Robinson) y racacha (*Arracacia xanthorrhiza*, Bancroft) en la comunidad de Chullina, provincia Bautista Saavedra del departamento de La Paz. Tesis de grado para obtener el título de ingeniero agrónomo UMSA La Paz – Bolivia pp. 95-96.
- Amaya, J. E., y Julca, J. L. (2006). *Arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft)*. Trujillo-Perú: Gobierno Regional La Libertad.
- Barrera, V., Espinosa, P., Monteros, A., Tapia, C., y Valverde, F. (2004). Caracterización de las raíces y los tubérculos andinos en la ecoregión andina del Ecuador (4). In V. Barrera, C. Tapia, y A. Monteros (Eds.), *Raíces y tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador* (pp. 3–25). Cutulagua: Centro Internacional de la papa (CIP).
- Blas, R., Ghislain, M., Del Rosario Herrera, M., y Baudoin, J. P. (2008). Genetic diversity analysis of wild *Arracacia* species according to morphological and molecular markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55(5), 625–642. <https://doi.org/10.1007/s10722-007-9269-7>.
- Bukasov, S. M. (1930). The cultivated plants of Mexico, Guatemala and Colombia. *Bull Appl. Bot. Gen. Breed. Suppl.* 47. 469p
- Cathme, M. B. (2017). *Identificación del agente causal y métodos de control de la pudrición del cormo en apio (Arracacia xanthorrhiza Bancroft) en Puerto Rico*. Tesis de maestría, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Puerto Rico).
- Cathme, M., Giraldo, M .C., Chavarria-Carvajal J. A., y Gonzalez Velez, A. (2017). Plant-parasitic nematode associated to corm rot disease of apio (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) in Puerto Rico. *Phytopathology*, 107, 10.
- Cevallos-Hidalgo, P. (2019). Valoración de prácticas culturales para el control de la pudrición del cormo, producción a escala de material de propagación libre de enfermedades y estimación de la diversidad genética de apio (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) en Puerto Rico. Tesis de Maestría. Departamento de Ciencias Agroambientales. Universidad de Puerto Rico-Mayagüez.
- Chávez-Jáuregui, R. N., Lara, K., Negrón, F., Pérez, C. y Pérez, H. (2019). Puerto Rican Apio (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) flour: Physicochemical and functional properties. *Anais do 13o Simposio*.
- Cook, O. y Collins, G. (1903). *Economic plants of Puerto Rico. United States National Herbarium*. Washington: Office Government Printing.

Cortés, M. y Gayol, L. (2009). Análisis descriptivo de las preferencias de los consumidores de raíces y tubérculos en Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P.R.* 93(3-4): 273-276. <https://doi.org/10.46429/jaupr.v93i3-4.5475>

Del Valle-González, R., De Caloni, I. B. y Santiago-Córdova, M. 1989. Sensory evaluation or arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). *J. Agric. Univ. P.R.* 73(3): 291-292. <https://doi.org/10.46429/jaupr.v73i3.6470>

Del Valle-González, R., Santiago-Córdova, M. y González, A. 1990. Efecto del yerbicida ametrina como control preemergente de yerbajos en apio (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). *J. Agric. Univ. P.R.* 74(3): 273-280. <https://doi.org/10.46429/jaupr.v74i3.6660>

Departamento de Agricultura de Puerto Rico (2019). Consumo de Alimentos. Oficina de Estadísticas Agrícolas. Estado Libre Asociado de Puerto Rico.

Estación Experimental Agrícola. (1997). *Conjunto tecnológico para la producción de raíces y tubérculos*. Publicación 101. Río Piedras.

Giraldo, M. (2018). Solving the Problem of Apio (*Arracacia xanthorrhiza*) Corm Rot Disease. *Scientia*. doi: <https://doi.org/10.26320/SCIENTIA56>

Hermann, M. (1997). *Arracacha* (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Lima-Perú: International Potato Center (CIP).

Hodge, W. H. (1954). The edible Arracacha: A Little- Known Root Crop of the Andes. *Economic Botany* 8, pp.194-221.

Knudsen, S. R. (2003). *Reproduction biology of the Andean root crop arracacha* (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft var. *xanthorrhiza*) and the taxonomic status of the South American *Arracacia* Bancroft species with special emphasis on the position of the cultivated arracacha and rela. (Tesis Doctoral, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark).

Latino Americano de Ciencia de Alimentos, noviembre 2019, Vol. 4, 2019-114200. Abstract. <https://proceedings.science/proceedings/100121/authors/99228>

Leonel, M., Carmo, E.L., Franco, C.M.L., Fernandes, A.M., García, E.L. y Rodrigues dos Santos, T. P. (2016). Peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) as raw material for producing special native starches. *AJCS - Australian Journal of Crop Science*, 10(8): 1151-1157, ISSN:1835-2707. DOI: 10.21475/ajcs.2016.10.08.p7739.

Londoño-Restrepo, S.M., Rincón-Londoño, N., Contreras-Padilla, M., Millan-Malo, B.M. y Rodríguez-García, M.E. (2018). Morphological, structural, thermal, compositional, vibrational, and pasting characterization of white, yellow, and purple Arracacha Legolike starches and flours (*Arracacia xanthorrhiza*). *International Journal of Biological Macromolecules*, 113, 1188-1197, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.03.021>

- Marín, D.A.I., Alcocer, M. R. T., Salazar N.A.C. y Jbernal, .F.S. (2011). Calidad de la harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancrof) a partir del método de secado por conducción. *RIAA - Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 2 (1) 2011: 23-28.
- Madeira, N. R., y de Souza, R. J. (2004). Mandioquinha-Salsa: Alternativa para o pequeno produtor. *Essential Nutrition*, 1–72.
- Matsuguma, L.S., Lacerda, L.G., Carvallho, M., Landi, C.M. y Demiate, I.M. (2009). Characterization of native and oxidized starches of two varieties of Peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza*). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 53(3), 701-713.
- Morillo, E., y Sécond, G. (2016). Tracing the domestication of the Andean root crop arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft.): A molecular survey confirms the selection of a wild form apt to asexual reproduction. *Plant Genetic Resources*, 15, 1–8. <https://doi.org/10.1017/S1479262116000046>.
- Morillo, E., Knudsen, S. R. y Sécond, G. 2017. Assessment of genetic relationships between cultivated arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) and its wild close relatives in the area of domestication using microsatellite markers. *Conservation Genetics*, 18(6), 1267-1275.
- Morillo, E., Sécond, G., Pham, J., y Risterucci, A.-M. (2004). Development of DNA microsatellite markers in the andean root crop arracacha: *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. (Apiaceae). *Molecular Ecology Notes*, 4(4), 680–682. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2004.00783.x>
- Ortiz, C. E. (2000). *"El cultivo de Apio (Arracacia xanthorrhiza) en Puerto Rico: investigación científica y programas para su fortalecimiento*. Mayagüez, Puerto Rico.
- Ortiz Vázquez, O. E., Estévez de Jensen, C., y Vega, B. (2008). La pudrición de la raíz y del cormo en el apio amarillo (*Arracacia xanthorrhiza*). *Resúmenes Sociedad Puertorriqueña de Ciencias Agrícolas (SOPCA)*, 50.
- Ortiz, C. E., Orengo-Santiago, E. y Acin, N. M. (1998). "[**Dry Weight Accumulation and Nutrient Uptake by Arracacha Grown Under Controlled Conditions**](#)," [34th Annual Meeting, July 12-18, 1998, Jamaica](#) 256809, Caribbean Food Crops Society.
- Palacios, R., Morales, M. y Arias, G.C. (2011). Evaluación químico bromatológica de tres variedades de *Arracacia xanthorrhiza* "Arracacha". *Ciencia e Investigación* 14(2): 12-14, Edición electrónica: ISSN 1609-9044.
- Pereira, A.S. (2000). Mandioquinha-salsa: alimento proteico, energético o nutraceutico? *Horticultura Brasileira*, Brasilia, 18 (3): 246-249, noviembre 2000. Palestra. <https://www.scielo.br/pdf/hb/v18n3/v18n3a21.pdf>

Rocha, T.S., Demiate, I.M. y Franco, C.M.L. (2008). Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28: 620–628. doi:10.1590/S0101-20612008000300018.

Rocha, T.S., Cunha, V.A.G., Jane, J-I. y Franco, C.M.L. (2011). Structural characterization of Peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza*) starch and the effect of annealing on its semi crystalline structure, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 4208–4216. doi:10.1021/jf104923m.

Rosa-Márquez, E., Rivera, L. I., Ortiz, C. E. y Rodríguez, A. (2000). Hongos patógenos del cormo de apio (*Arracacia xanthorrhiza*) en Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 84(1–2), 53–64. <https://doi.org/10.46429/jaupr.v84i1-2.3901>

Scientia en español. (2018). En busca de una solución para el problema de la pudrición del cormo del apio amarillo (*Arracacia xanthorrhiza*). 2021, Diciembre 20, Conogasi.org
Sitio web: <https://conogasi.org/articulos/en-busca-de-una-solucion-para-el-problema-de-la-pudricion-del-cormo-del-apio-amarillo-arracacia-xanthorrhiza/>

Tapia, M. S., Pérez, E., Rodríguez, P. E., Guzmán, R., Ducamp-Collin, M.-N., Tran, T. y Rolland-Sabaté, A. (2012). Some properties of starch and starch edible films from under-utilized roots and tubers from the Venezuelan Amazons. *Journal of Cellular Plastics*, 48(6): 526–544. doi:10.1177/0021955X12445291