

Chufa

Bernardo Pascual y Nuria Pascual-Seva

Universitat Politècnica de València

1. Introducción

1.1. Generalidades

La chufa es la variedad botánica *sativus* de *Cyperus esculentus* L. (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.). Es una planta originaria del Oriente Próximo; en Egipto se han encontrado tubérculos secos del cuarto milenio a. C. Se considera que fue domesticada en el Neolítico, en la región del Nilo Blanco del actual Sudán, al menos en el quinto milenio a. C. (Pascual-Seva, 2011).

La chufa fue introducida en Europa, probablemente, durante la Edad Media por los árabes, tras su expansión por el norte de África. El agrónomo andalusí Ibn al-'Awam (Abu Zakariya) describe el cultivo de la chufa a finales del siglo XII o principios del XIII en el *Libro de agricultura* (Maroto, 2003), existiendo escritos fechados en el siglo XIII en los que se cita el consumo de la *llet de xufes* en el *Regne de València* (Pascual y Maroto, 1984a). Cavanilles (1795) describió su cultivo, e indicó que a él se dedicaban 15 ha en Alboraya y Almacera.

Además del consumo de los tubérculos en fresco, tradicionalmente y de forma mayoritaria, estos se han utilizado para la fabricación artesanal de horchata, que puede presentarse en forma líquida, granizada o congelada. El consumo de horchata de fabricación industrial se ha incrementado exponencialmente en los últimos años, de manera que en la actualidad supone del orden del 80 al 85 % del total de la horchata elaborada. La chufa se ha introducido recientemente en la cocina de autor, inicialmente en los postres, como la crema, el flan y la espuma de horchata, pero también en los entrantes y en los platos principales. En el año 2010 apareció en los comercios un chocolate con sabor a horchata y en 2011 un licor de horchata de chufas, y una ginebra en la que esta hortaliza figura como uno de sus ingredientes. Posteriormente han aparecido varias marcas de aceite de chufa para ensaladas, considerado de gran

calidad. También en algunos balnearios se ofertan tratamientos de belleza, de relajación e hidratación (similares a la choco terapia), con productos a base de *mousses*, aceites y cremas de horchata, existiendo también estos productos en el mercado.

1.2. Hábitats y distribución actual

Cyperus esculentus puede encontrarse en estado natural, como mala hierba o como planta cultivada (de Vries, 1991). Aunque es originaria de una zona cálida y su preferencia son los hábitats húmedos, se ha adaptado a un amplio rango de climas y ambientes, encontrándose en estado natural en EEUU, Canadá, África, India, y países meridionales de Europa, habiéndose extendido también a zonas más septentrionales, como Holanda (Pascual-Seva, 2011).

Cyperus esculentus está considerada como una de las principales malas hierbas en el mundo; concretamente Holm *et al.* (1977) la clasificaron en la decimosexta posición. Es una mala hierba común en Portugal, Francia, Holanda, Alemania y la mayor parte de las zonas tropicales y subtropicales de Asia, África Central y Sudamérica (Defelice, 2002; Pascual-Seva, 2011). Su presencia es importante en España en zonas húmedas, resultando preocupante como maleza en los cultivos de regadío o de secano húmedo en las regiones septentrionales.

Como planta cultivada, ya era conocida en Egipto en el cuarto milenio a. C., habiendo sido probablemente introducida en Europa durante la Edad Media por los árabes, como se ha indicado anteriormente. A mediados de siglo XIX en Alemania se cultivó a pequeña escala, tanto para el consumo en fresco de los tubérculos como para la obtención de un sucedáneo del café (alcanzó una cierta importancia hasta que fue sustituido por la achicoria) y de emulsiones medicinales a partir de sus tubérculos. En Francia también se cultivó a muy pequeña escala (Serrrallach, 1927). Hay constancia de su producción en EEUU a principios del siglo XX; concretamente en Georgia, en 1909, se dedicaron 195 ha al cultivo de la chufa (Killinger y Stokes, 1951). Posteriormente, en el vigésimo segundo censo de Florida, publicado en 1941, se cuantificó su producción en 48.500 kg cosechados en 213 ha, además de 2.862 ha aprovechadas directamente por el ganado porcino (Killinger y Stokes, 1951).

1.3. Encuadramiento taxonómico

El género *Cyperus*, perteneciente a la familia *Cyperaceae* (orden Poales) engloba a unas 600 especies, fundamentalmente de clima tropical, subtropical o templado (Defelice, 2002). *Cyperus esculentus* es diploide, $2n=108$ (Maire, 1957; Castell Zeising, 1996); parece ser que tuvo un origen poliploide y que se ha producido un alto índice de diploidización (Horak y Holt, 1986).

Además de chufa, tiene otros muchos nombres comunes sinónimos en los diferentes idiomas, destacando los siguientes (Pascual-Seva, 2011): *xufa* (Valencia), *xufla* y *xuflera* (Cataluña) en catalán; cotufa, castañuela y juncia avellanada (España), coquito (Colombia y Perú), coquillo (Chile y México), coco (Perú), cebollín (México), coyolillo (Nicaragua), chapas (Puerto Rico), cotula, junquillo y tamascal (Argentina) en los países de habla hispana; *tigernut*, *tiger nut*, chufa, *yellow nutsedge*, *nutgrass*, *yellow nutgrass*, *northen nutgrass*, *flatsedge*, *rush*, *rush nut*, *water grass*, *earth almond*, *zulu nuts* y *chew-fa* en los países de habla inglesa; *souchet comestible* en francés; *erdmandel* y *knollencyperngrass* en alemán; *knolcyperus* en holandés; *dolcichigno* y *mandorla di terra* en italiano; *junquinho mansa* en portugués; *hab-el aziz* en árabe (Egipto), *ayaya*, *ofio* y *akiausa* en las lenguas cooficiales de Nigeria, hausa, yoruba e igbo, respectivamente.

Existe una amplia variabilidad morfológica entre las diferentes poblaciones. Las plantas del tipo cultivado tienen una baja incidencia de floración y no toleran las heladas fuertes. Con respecto a los tipos silvestres y/o los considerados como malas hierbas (en adelante denominados conjuntamente silvestres) presentan un hábito de crecimiento menos agresivo, los rizomas son más cortos y la mayor parte de los tubérculos se forman directamente en la base de los brotes; los tubérculos son más grandes, con contenidos más elevados en aceites y azúcares, y presentan una coloración más clara. Dentro de los tipos silvestres también existen diferencias en cuanto a caracteres importantes desde el punto de vista agrícola (Schippers *et al.*, 1995), como por ejemplo, la sensibilidad a los herbicidas, la susceptibilidad al frío y a la baja intensidad luminosa, la agresividad relacionada con la longitud y profundidad de los rizomas, y niveles de floración y tuberización.

Como se ha indicado anteriormente, el material vegetal cultivado en España pertenece a la variedad *sativus* Boeck., y presenta las siguientes características: escasa incidencia de floración; los tubérculos, de forma oblonga-elíptica o esférica son más grandes, de color más claro, más dulces, con mayor conte-

nido en grasa y almidón, y menos fibrosos que los de las plantas silvestres de la variedad *esculentus*.

1.4. Biología

Es una planta C₄, es decir que para la fijación del carbono utiliza la vía de Hatch-Slack (o vía C₄), presentando una elevada eficiencia fotosintética.

Tras la plantación, cuando se alcanza la temperatura mínima en el suelo (12 °C) se produce la brotación de los tubérculos a partir de una yema del cono apical (pueden brotar dos y hasta tres yemas) obteniéndose un fascículo triangular de hojas, en cuya base se forma, el denominado bulbo basal. Junto a este se forman bulbos basales secundarios, raíces y rizomas que, a su vez, darán lugar inicialmente a la formación de otros secundarios, y posteriormente, durante el verano y el otoño, a la de tubérculos; así sucesivamente van aumentando el número de brotes y el de tubérculos. Con los marcos de plantación utilizados habitualmente se obtienen generalmente más de 50 brotes por tubérculo plantado. En cultivo en contenedores de 37 cm de diámetro, y por tanto con una mayor separación entre plantas, se han obtenido de 120 a 250 brotes por tubérculo, y de 790 a 1.150 tubérculos por contenedor (valores medios, Pascual, 1981; Castell Zeising, 1996), obteniendo 1.768 tubérculos en un contenedor como valor máximo individual.

Figura 1. Detalle de los bulbos basales secundarios y del sistema radical de una planta joven (izquierda) y vista general del cultivo (derecha)



Las hojas son paralelinervias, de color verde pálido, y poseen un nervio central muy pronunciado. La longitud varía de 20 a 100 cm, y su anchura, de 4 a 9 mm. Se desarrollan a partir del bulbo basal en un fascículo triangular, comenzando por la hoja más externa y progresando hacia el interior. En ocasiones, a través del centro del fascículo se desarrolla un escapo floral, de 20 a 90 cm de longitud, macizo y de sección triangular, que finaliza en una inflorescencia que es una panícula umbeliforme de espigas. Las espigas, de disposición trística, presentan una coloración pajiza o marrón-dorada, son alargadas y acuminadas (de 1 a 3 cm de longitud y de 1,5 a 3 mm de anchura), poseen las flores dispuestas en dos carreras. Las flores son pequeñas y aclamídeas; el cáliz y la corola están formados por seis cerdas (Martorell, 1994). Cada flor posee tres estambres y un estigma. La anatomía de las flores es similar a la de las poáceas (Wills, 1987).

La polinización es anemófila, siendo habitualmente autoincompatible (Mulligan y Junkins, 1976). El material vegetal silvestre puede producir abundante semilla viable (Holm *et al.*, 1977), mientras que aunque las inflorescencias del material vegetal cultivado pueden producir semillas viables, el número de estas semillas siempre ha sido reducido (Kelley, 1990; Martorell, 1994; Castell Zeising, 1996). Los frutos son aquenios, con un tamaño aproximado de 1,5 de longitud y 0,8 mm de anchura, de forma triangular, color amarillo o marrón grisáceo, y textura granulosa.

El sistema radical es fasciculado y muy superficial, no soliendo sobrepasar la profundidad de 20 cm. Al brotar una (dos o tres) yema/s del tubérculo inicial se forma un (dos o tres) rizoma/s, de crecimiento ascendente, dando lugar cada uno a un bulbo basal (Stoller *et al.*, 1972). Como se ha indicado anteriormente, junto al bulbo basal se forman otros secundarios, raíces y rizomas. Estos últimos se originan a partir de los tubérculos iniciales o de los bulbos basales. Existen grandes diferencias en las longitudes de los rizomas de los tipos silvestres y cultivados, de manera que mientras en los primeros pueden alcanzar una longitud de 60 cm, y contener más de 30 zonas internodales antes de diferenciarse en el ápice para formar un bulbo basal o un tubérculo, en los tipos cultivados no suelen sobrepasar unos cuantos cm, de manera que en ocasiones parece que el bulbo basal surge directamente del tubérculo.

La formación de los tubérculos implica el cese de la elongación en el extremo del rizoma, produciéndose un engrosamiento radial, acumulando almidón. Durante su formación son de color blanco y con la maduración van adquiriendo externamente un color marrón, con diferentes tonalidades, que

pueden variar desde un color tostado a un marrón oscuro. La forma es variable, desde esferoide a alargada, pasando por aovada.

Para ser considerados comerciales, según la normativa del Consejo Regulador de la Denominación de Origen Protegida Chufa de Valencia (CRDO; CAPA, 2010), los tubérculos deben tener una longitud y una anchura mínima de 0,9 y 0,7 cm, respectivamente y tener un peso unitario igual o superior a 0,45 g. Los tubérculos presentan de 3 a 7 nudos visibles (generalmente 5 en el material vegetal tradicional) con sus correspondientes yemas laterales (inapreciables a simple vista) y catafilos, inicialmente casi transparentes, pero que posteriormente van oscureciendo al mismo tiempo que lo hace el resto del tubérculo. Al madurar se pierden parcialmente los catafilos, siendo eliminados los que permanecen en el proceso del lavado. En los tubérculos se distinguen perfectamente los extremos basal (en el que se presenta la inserción al rizoma que lo une a la planta madre) y distal o apical, conocido como cono apical, en el que se distingue una yema terminal cónica, rodeada de catafilos.

2. Cultivo

Dado que la repetición del cultivo provoca un descenso del rendimiento (Pascual, 1981), en *L'Horta Nord* de València no es frecuente repetir el cultivo de la chufa en la misma parcela en años consecutivos, sino que alterna con otros cultivos hortícolas como patata, cebolla temprana, zanahoria, coles, sandía, alcachofa, etc.

2.1. Aspectos climáticos

La brotación de los tubérculos exige una temperatura mínima en el suelo próxima a 12 °C, que suele alcanzarse a mediados de abril. El clima de la comarca es suave, con temperaturas medias de 18 a 24 °C y elevada humedad relativa, con valores medios de 65 a 70 %. Se trata de un clima Mediterráneo subtropical (Su, Me) con invierno citrus (Ci) y verano algodón menos cálido (g), según la clasificación de Papadakis.

Con relativa frecuencia ocurren intensas lluvias otoñales, concretamente en octubre y noviembre, que de existir pueden retrasar la recolección de los tubérculos. Los vientos fuertes que en ocasiones acompañan a las tormentas estivales, pueden provocar el encamado precoz de las plantas.

2.2. Suelos

Los suelos de la zona, profundos y fértiles, se formaron a partir de los aluviones del Turia. Según el *Soil Survey Staff* (Soil Survey Staff, 2010) pertenecen al gran grupo *Torrifluvents*, del suborden *Fluvent*, orden *Entisoles*. En el pasado fue frecuente el aporte de arena de playa a los campos, por lo que los suelos de la zona suelen ser sueltos, de textura arenosa, arenosa-franca o franco-arenosa, en los que la planta crece y se desarrolla adecuadamente. Debido al tamizado a que son sometidos los suelos en la recolección de los tubérculos, los terrenos están desprovistos de piedras, lo que facilita la recolección y el lavado de los tubérculos. El pH es básico y el contenido en materia orgánica es muy variable, dependiendo del manejo realizado por el agricultor, oscilando normalmente entre 0,7 y 2,5 %.

2.3. Labores preparatorias

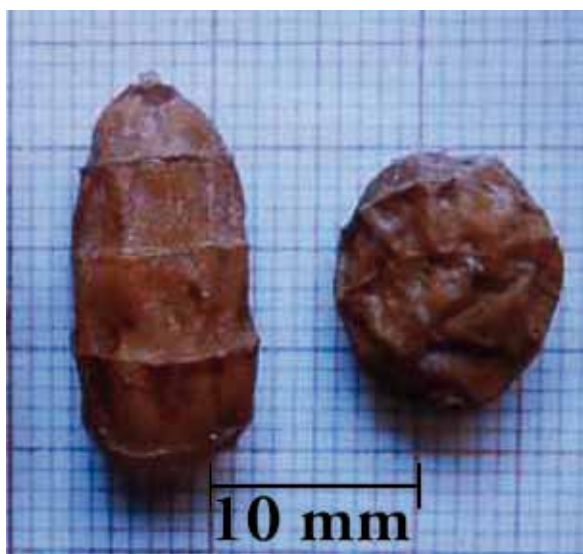
El objetivo de las labores preparatorias es conseguir un suelo suelto, aireado, nivelado, con cantidad adecuada de materia orgánica y de macronutrientes principales, y libre de malas hierbas. En la actualidad se han reducido al máximo posible y, consecuentemente, también el tiempo necesario para su realización, de manera que generalmente inmediatamente después de retirar el cultivo precedente se aporta la materia orgánica y, en su caso, el abono mineral, así como el herbicida, incorporándose a continuación (junto a los residuos del cultivo precedente) con la fresadora. Existen agricultores que prefieren aportar el herbicida inmediatamente después de la plantación. En la actualidad, con la tecnología láser se consigue una nivelación perfecta, con una pendiente longitudinal entre 0,001 y 0,002 m·m⁻¹ y una pendiente transversal nula, aunque habitualmente se nivela después de la recolección de los tubérculos, no antes de realizar la plantación, quedando el suelo perfectamente nivelado para el cultivo siguiente. Para estas operaciones suelen utilizarse tractores de gran caballaje.

2.4. Material vegetal

En cuanto al material vegetal autóctono, tal y como refleja el reglamento del CRDO (CAPA, 2010), existen varias formas de tubérculos, entre las que predominan las alargadas y las redondeadas, conocidas tradicionalmente como *llargueta* y *ametlla*, respectivamente.

El equipo de investigación de Horticultura de la UPV realizó unos estudios de selección y tipificación agronómica del material vegetal (Castell Zeising, 1996; Pascual *et al.*, 2003) fruto de los cuales han registrado en el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Magrama, 2012), dos cultivares (Figura 2), con las denominaciones de ‘Alboraiá’ (tubérculos de forma alargada y de tamaño grande) y ‘Bonrepos’ (tubérculos de forma esférica y de pequeño tamaño).

Figura 2. Tubérculos de los dos cultivares registrados en el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente: ‘Alboraiá’ (izquierda) y ‘Bonrepos’ (derecha)



2.5. Plantación

La fecha de plantación depende fundamentalmente de la recolección del cultivo precedente. Antiguamente se realizaba durante el mes de junio, después de la cosecha del trigo; posteriormente se adelantó a mayo, y en la actualidad suele realizarse durante la primera quincena de abril, no antes, debido a que la brotación de las yemas de los tubérculos necesita de temperaturas relativamente elevadas (se requiere, como se ha indicado anteriormente, una temperatura mínima en el suelo de aproximadamente 12 °C, aumentando el porcentaje de tubérculos brotados con el incremento de la temperatura; Pascual y Maroto, 1982a, 1984b). Con el adelanto de la plantación se consigue

un mayor rendimiento, así como que la planta se vea menos afectada por los ataques de *Bactra* (al estar la planta más crecida, y por tanto ser más resistente) y en muchas ocasiones una menor floración.

La plantación suele realizarse con el suelo en tempero, utilizándose una «sembradora de platos» que realiza los caballones, distanciados a 60 cm, y deposita los tubérculos (aproximadamente 120 kg/ha; del orden de 300.000 tubérculos/ha) a una profundidad de 7-8 cm y distanciados a unos 8-10 cm (Figura 3). La sembradora va acoplada a un motocultor, generalmente de 15 a 18 CV, o a un tractor de 25 a 70 CV. En los últimos años se ha ensayado (Pascual-Seva *et al.*, 2012, 2014) la plantación en mesetas de dos y de tres líneas de plantación, obteniendo rendimientos superiores a los obtenidos en caballones.

Figura 3. Plantación en caballones (izquierda) y en mesetas (derecha)



2.6. Riegos

Dada su adaptación a zonas húmedas, sus necesidades hídricas son elevadas. El riego es de gravedad por surcos. El primer riego suele realizarse cuando la planta alcanza una altura de 15-20 cm, lo que suele producirse transcurridos unos 25-30 días desde la plantación. Una frecuencia de riegos típica consiste en regar con una frecuencia quincenal hasta principios-mediados de junio y a partir de septiembre, reduciéndose hasta unos 10 días, e incluso hasta 7 días, desde mediados de junio hasta finales de agosto; en general, el número total de riegos necesarios al año oscila entre 10 y 15, dependiendo de la climatología del año.

Pascual-Seva (Pascual-Seva *et al.*, 2013 b y c) determinó los valores medios de los caudales, dosis de riego y eficiencias de riego habitualmente obtenidas por los agricultores, siendo el valor medio de esta eficiencia, muy bajo (del orden del 35 %). Además optimizó el riego a través del desarrollo y validación de una fórmula en la que obtenía el tiempo de riego en función del caudal unitario, aumentando la eficiencia de riego hasta valores de 78-80 %. Paralelamente se ensayó el riego localizado, obteniendo mayores rendimientos y mayores valores de la eficiencia del uso del agua de riego (Pascual-Seva *et al.*, 2015).

2.7. Fertilización

Los estudios sobre nutrición y fertilización (publicados en una serie de artículos, que van desde Pascual y Maroto, 1982b hasta Pascual-Seva *et al.*, 2009) han constatado que es un cultivo exigente (las extracciones han sido evaluadas en 240-35-300 kg de N-P-K por hectárea). En la actualidad suele realizarse un aporte de materia orgánica inmediatamente antes de la plantación (del orden de 24 t/ha de gallinaza fermentada), y en ocasiones (dependiendo del nivel de fertilidad del suelo) también se aporta en ese momento un abono mineral, generalmente un abono complejo (mayoritariamente 15-15-15), en cantidades que oscilan de 500 a 1.000 kg/ha. Dependiendo de la evolución del cultivo es frecuente realizar en verano un aporte de N y K en forma de NO_3K (en cantidades variables, de 120 a 300 kg/ha), incorporando el abono al agua de riego, en la cabecera de los surcos.

2.8. Labores de cultivo

Durante las primeras fases del cultivo, la chufa compite mal con las malas hierbas típicas de la zona, por lo que hasta hace unos años solía aportarse un herbicida, como la trifluralina en las labores preparatorias, o el linurón en preemergencia del cultivo. Después del primer riego, una vez establecidas las plantas de chufa, se suele dar un pase con la «entauladora», apero de fabricación artesanal, que rompe la costra, rehace los caballones, y en su caso arranca las malas hierbas.

A partir del verano, las plantas adultas cubren totalmente el terreno y resultan sofocantes para la mayoría de las malas hierbas; no obstante, al final del verano algunas malas hierbas pueden adquirir importancia, en cuyo caso se aporta un herbicida (como el oxifluorfen), mediante su incorporación al agua de riego.

2.9. Recolección

La recolección suele realizarse entre mediados de noviembre y mediados de diciembre, aunque la incidencia de lluvias puede prolongarla hasta enero. El sistema aéreo de las plantas se elimina, una vez seco, mediante incineración controlada. El CRDO permite la citada incineración a partir del día 1 de noviembre. Si la incineración es demasiado rápida, puede quedar la parte basal del sistema aéreo unida a los tubérculos, con lo que puede obturarse con facilidad el tambor giratorio de la máquina recolectora, para evitar lo cual se da un pase con la «entauladora»

La máquina utilizada en la recolección de los tubérculos es una recogedora cribadora, arrastrada por un tractor y acoplada a la toma de fuerza del mismo. La máquina (de fabricación artesanal; Figura 4) posee una barra de corte de longitud correspondiente a dos o tres caballones y con profundidad de ataque regulable, que realiza el corte por debajo de los tubérculos. Una fresadora de varillas desmenuza la tierra y una noria de cangilones eleva la tierra y los tubérculos al tambor de cribado, formado por alambres. La tierra se tamiza en el tambor, mientras que los tubérculos, restos vegetales y, en su caso, piedras, salen del prisma y son llevados, mediante una cinta transportadora, a un remolque arrastrado en paralelo.

Figura 4. Recolección de los tubérculos



Tras la recolección se procede al lavado de los tubérculos en lavaderos industriales (Figura 5). En primer lugar se realiza un cribado en el que se retira toda la tierra; a continuación se eliminan los catafilos y raicillas mediante fricción en unos cilindros giratorios en los que los tubérculos son humedecidos mediante duchas. A continuación se limpian las impurezas que quedan, por diferencia de densidad; en primer lugar las pequeñas piedras, y a continuación los tubérculos dañados mediante flotación en unas canaletas. Los tubérculos lavados se llevan al secadero, a granel o ensacados, anteriormente en sacos de 50 kg y en la actualidad en grandes sacas.

Figura 5. Fases del proceso del lavado de los tubérculos



Habitualmente los tubérculos son pesados tras el lavado, obteniéndose en la actualidad unos rendimientos medios de 18.650 kg/ha, llegándose a obtener hasta 24.000 kg/ha. La venta de los tubérculos suele realizarse tras el lavado, pero también puede realizarse tras el proceso de secado, en el que se produce una pérdida de peso del orden del 45 %.

Para obtener un producto de calidad (y con una humedad inferior al 11 %), el proceso artesanal del secado debe realizarse lentamente, durante un período no inferior a tres meses. Los tubérculos se extienden en capas de 10-20 cm de espesor en los almacenes de secado (*cambres*), que son unos recintos ventilados construidos expresamente para el secado de los tubérculos (anteriormente constituían el primer piso de la vivienda habitual del agricul-

tor). Para evitar las enfermedades criptogámicas y conseguir un buen secado es necesario remover periódicamente los tubérculos, hasta dos veces al día en la primera fase. Si durante el proceso de secado llueve de forma prolongada, la humedad ambiental es muy elevada, por lo que se suelen utilizar ventiladores.

Tras el secado de los tubérculos se realiza su limpieza, en la que se eliminan las impurezas que todavía puedan quedar y los posibles tubérculos defectuosos, y también aquellos pequeños. A continuación es habitual realizar una clasificación por tamaños.

El artículo 9 de la *ORDEN 17/2010, de 18 de mayo, de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se aprueba el texto del reglamento de la Denominación de Origen Protegida Chufa de Valencia y su consejo regulador*, distingue dos tipos de chufa, tierna y seca, distinguiendo a su vez tres tipos de chufa seca. A continuación se presentan las características de las chufas de cada tipo:

- a) *Chufa tierna*: la recién recolectada y lavada.
- b) *Chufa seca*: el producto sometido a las operaciones de lavado y secado. Posee una humedad de 7,5 a 12 %. Dentro de la chufa seca hay que distinguir:
 - *Chufa seca cosechero*: el producto con un calibre mínimo de 5 mm.
 - *Chufa seca granza* el producto cosechero calibrado, de tamaño igual o superior a 7,5 milímetros
- c) *Bajos o destrío*: chufa de calibre inferior a 5 mm. Esta chufa no está protegida por la Denominación de Origen Protegida.

2.10. Accidentes, plagas y enfermedades

Aunque no suelen presentarse graves problemas fitosanitarios, los principales enemigos de la planta son los denominados «barrenadores» de la chufa, que son lepidópteros tortrícidos, pertenecientes al género *Bactra*, que producen galerías en el interior de los brotes, provocando la muerte de los mismos. Para su prevención suelen realizarse tratamientos con clorpirifos o metilclorpirifos. En algunas ocasiones se han constatado ataques de gusanos del alambre (*Agriotes lineatus*) que roen los tubérculos; cuando se han presentado estos

ataques, las aplicaciones al suelo de clorpirifos o de ethoprophos han dado buen resultado.

Durante el secado y almacenamiento de los tubérculos pueden ser frecuentes los ataques de algunos coleópteros. Para su control se recomienda la desinfección de los almacenes de secado con productos como el fosfuro de aluminio.

Hace unos años se constató la presencia de tubérculos con un aspecto negruzco característico, que fue denominada podredumbre negra o *enquitranat* (alquitranado) y ha sido asociada al hongo *Rosellinia necatrix* (García-Jiménez *et al.*, 1997), que no es un problema importante en la actualidad. En los primeros años del siglo XXI en la fase inicial del cultivo se ha observado la presencia de una decoloración de la mitad superior de las hojas, y que a los pocos días evoluciona a necrosis. Normalmente afecta únicamente a algunos pocos brotes de las plantas, por lo que la sintomatología pasa desapercibida cuando las plantas son adultas. De las plantas afectadas se ha aislado (Montaño, 2008) un hongo ascomiceto, descrito y clasificado como *Alfaria cyperi-esculenti* (Crous *et al.*, 2014). La enfermedad se ha denominado «necrosis foliar» (Montaño, 2008). Las plantas afectadas producen tubérculos de coloración rojiza-anaranjada, que son portadores del hongo y transmisores de la enfermedad. Se han obtenido resultados prometedores tratando los tubérculos, de forma combinada, con termoterapia y con fungicidas como carbendazima o procloraz (Montaño, 2008). No obstante, dado que la enfermedad se transmite mediante los tubérculos, actualmente, la mejor medida es la selección rigurosa de los tubérculos para la plantación, desechando los que presenten la sintomatología y, sobre todo, los procedentes de parcelas manifiestamente afectadas.

En las últimas campañas, el equipo de investigación de horticultura del Centro Valenciano de Estudios sobre el Riego (UPV) ha detectado la incidencia (poco importante en la actualidad) de dos fisiopatías en los tubérculos, que ha denominado «cono apical necrosado» y «nudos necrosados».

3. Composición nutricional y propiedades de los tubérculos

Los datos publicados sobre la composición de los tubérculos presentan una cierta variabilidad, en parte debida al diferente material vegetal utilizado —generalmente los tubérculos analizados o bien proceden de Valencia, o bien han sido comprados en mercados de determinadas ciudades africanas—, y en parte a la variabilidad existente entre los tubérculos de un mismo clon. A este respecto, Castell Zeising (1996) obtuvo una baja heredabilidad de los pará-

metros relacionados con la composición química de los tubérculos, mientras que obtuvo una elevada heredabilidad de algunos parámetros morfológicos de los tubérculos.

Los valores de la composición nutricional exigidos por el CRDO (CAPA, 2010) son (% m.s.): almidón (25-40); grasa (23-31); azúcares (11-17,5); proteínas (6,5-12); humedad (7,5-12). El almidón se encuentra en forma de gránulos de forma redondeada y color blanco puro. La sacarosa es el azúcar que se encuentra en mayor proporción, mientras que los azúcares reductores (glucosa, fructosa y galactosa) se encuentran en muy baja proporción.

El contenido en ácidos grasos saturados (palmítico, esteárico y mirístico) es comparativamente bajo (aproximadamente el 20 % del total) con respecto a los insaturados (oleico, palmitoleico, linoleico, linolénico; aproximadamente el 80 % del total), predominando el oleico. El aceite de chufa presenta un color ambarino claro (amarillento dorado) y un sabor suave y neutro.

En cuanto a los compuestos nitrogenados, el aminoácido más abundante es la arginina, seguido de los ácidos glutámico y aspártico. Respecto a las fracciones proteicas, destaca la elevada proporción (del orden del 81 %) de las albúminas, que son proteínas solubles en agua o en disoluciones salinas diluidas, lo que compagina bien con los altos rendimientos que se obtienen en el proceso de la elaboración de la horchata (Morell y Barber, 1983).

Los tubérculos de chufa poseen un contenido bastante elevado en fibra dietética, compuesta fundamentalmente de celulosa (4,9 % m.s.) y lignina, (11,4 % m.s. del conjunto de celulosa y lignina). Debido a su alto contenido en fibra dietética y por su agradable sabor a almendra, se ha aconsejado utilizar los tubérculos de chufa como una buena fuente de fibra dietética en la tecnología de los alimentos (Linssen *et al.*, 1989).

En el proceso de elaboración de la horchata se generan varios subproductos, de entre los que destaca el residuo sólido, rico en fibra dietética, que tras el prensado recibe el nombre de fibra de chufa. Sánchez-Zapata *et al.* (2009) en un ensayo en el que utilizaron fibra de chufa en la formulación de hamburguesas de cerdo, concluyeron que la aplicación de fibra de chufa es una práctica prometedora, que incrementa el valor nutricional y mejora las características para la cocina, sin disminuir su aceptación sensorial.

En cuanto al contenido en elementos minerales, el rango de los valores medios de los contenidos de los tubérculos de chufa es el siguiente (Pascual-Seva, 2011): macronutrientes (% m.s.), P (0,21-0,27), K (0,42-1,48), Ca

(0,09-0,30), Mg (0,04-0,12), Na (0,03-0,15), y micronutrientes (ppm), Fe (21,6-100,0), Zn (30,0-79,1), Cu (6,0-20,1), Mn (2,5-8). Casi la mitad del fósforo de los tubérculos de chufa está en forma de fósforo fitínico.

Los tubérculos de chufa contienen vitamina C o ácido ascórbico (6 mg/100 g), vitamina E o tocoferol (10 mg/100 g) y ácido fólico (141 µg/100 g) (Moreiras *et al.*, 2009). La horchata de chufa contiene vitamina B1, niacina y ácido fólico (Alegría y Farré, 2003). Los tubérculos contienen las enzimas amilasa y lipasa, que confieren a la horchata propiedades eupépticas, facilitando la digestión de los hidratos de carbono y grasas, aliviando las molestias de flatulencia, meteorismo y reflujo gastroesofágico (Bixquert, 2003).

Los tubérculos de chufa presentan una cierta capacidad antioxidante, en parte debido a su contenido en polifenoles, pero probablemente también debido a su contenido en compuestos como el tocoferol y el ácido ascórbico; también posee la capacidad de estimular la actividad de la enzima convertidora de la angiotensina-I, lo que podría provocar un incremento de la tensión sanguínea, pudiendo ser aprovechado en casos de hipotensión (Pascual-Seva *et al.*, 2013a).

Sánchez Tamés *et al.* (1973) obtuvieron que el extracto metabólico de tubérculos de material vegetal silvestre (*Cyperus esculentus* Ten. var. *aureus* Richt) contenía varios componentes (ácidos hidroxibenzoico, vinílico, siríngico, ferúlico y cumárico, así como cuatro componentes activos, que no identificaron) que inhibían el crecimiento del coleoptilo de avena y la germinación de las semillas de varias especies.

4. Elaboración y clases de horchata de chufa

La horchata de chufas, o simplemente horchata (Real Decreto 1338/1988; MRCSG, 1988), es una bebida nutritiva, de aspecto lechoso, obtenida mecánicamente a partir de los tubérculos de chufa, con o sin adición de azúcar, con color, sabor y aroma típicos de los tubérculos de los que proceden. El proceso de elaboración de la horchata incluye las siguientes fases: lavado, selección (eliminando los tubérculos defectuosos), rehidratación, desinfección, trituración, prensado, tamizado, adición (en su caso) de azúcar y enfriamiento.

A continuación se enumeran las clases de horchata existentes (Real Decreto 1338/1988; MRCSG, 1988): horchata natural u horchata de chufas na-

tural (la horchata sin adición de azúcar se denomina horchata no azucarada); horchata de chufa pasterizada; horchata de chufa esterilizada; horchata UHT; horchata de chufa concentrada; horchata de chufa condensada pasterizada; horchata de chufa condensada congelada; horchata de chufa en polvo.

5. Economía del cultivo

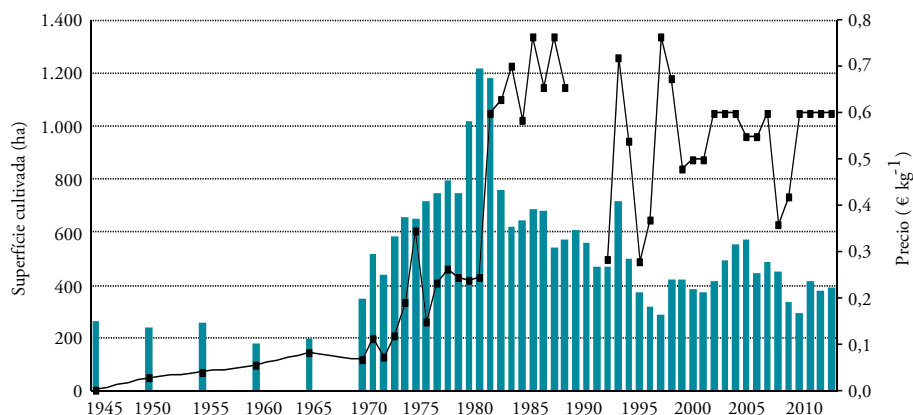
A pequeña escala se cultiva en Egipto, Níger, Nigeria, Burkina Faso, Ghana, Mali, Senegal, Costa de Marfil y Turquía; además de los países citados, se ha señalado el interés por su cultivo, fundamentalmente para su utilización en tecnología de los alimentos y en la producción de biodiesel, en Brasil, Camerún, Hungría, República de Corea, Polonia y EEUU (Abdel-Nabey, 2001; Coskuner *et al.*, 2002; Djomdi *et al.*, 2007, Matos *et al.*, 2008).

En la actualidad, la superficie dedicada en España al cultivo de la chufa oscila alrededor de las 400 ha, con un rendimiento medio de 18.000 a 19.000 kg/ha⁻¹ y una producción total en torno a 8.000 t kg (Magrama, 2014). La Denominación de Origen Protegida Chufa de Valencia ampara a los 16 términos municipales siguientes: Albalat dels Sorells, Alboraiá, Albuixech, Alfara del Patriarca, Almàssera, Bonrepòs i Mirambell, Burjassot, Foios, Godella, Meliana, Montcada, Paterna, Rocafort, Tavernes Blanques, Valencia y Vinalessa. Valencia y Alboraiá son los municipios que dedican una mayor superficie (139 y 128 ha, respectivamente; CRDO, comunicación personal).

En el Gráfico 1 se presentan las evoluciones de la superficie dedicada al cultivo de la chufa y del precio de los tubérculos recibido por los agricultores. Se constata la existencia de una clara correlación entre ambas evoluciones, de manera que a cada incremento (o disminución) del precio le ha seguido un incremento (o disminución) de la superficie.

En cuanto a superficie, el máximo histórico en España se produjo en 1981, año en el que se produjeron 12.160 t en una superficie de 1.217 ha, con un rendimiento medio de 10.000 kg/ha (MAPA, 1996). Inmediatamente antes se produjo un incremento espectacular de la superficie dedicada a su cultivo, debido probablemente a la mayor rentabilidad, motivada por el paso de la recolección de los tubérculos, de manual a mecanizada, seguida del lavado de las chufas en lavaderos industriales. La mayor producción de tubérculos condujo a una disminución del precio de las chufas, lo que provocó la disminución progresiva de la superficie de cultivo.

Gráfico 1. Evolución de la superficie dedicada al cultivo y del precio recibido por los agricultores (chufa tierna) en España



Fuente: MAPA (1996), Magrama (2014) y Consejo Regulador de la Denominación de Origen Chufa de Valencia (comunicación personal). Elaboración propia.

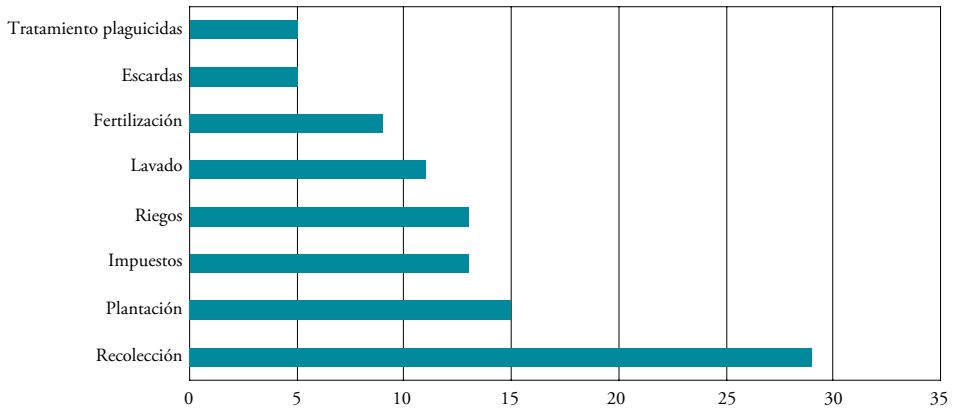
Anualmente se elaboran alrededor de 40 millones de litros de horchata, para lo que se necesitan más tubérculos de los que actualmente se producen en la zona amparada por el CRDO, por lo que existe un abastecimiento de terceros países, importándose chufa seca de países como Burkina Faso, Ghana, Mali, Níger y Nigeria. En la actualidad, como se ha indicado anteriormente, la horchata de elaboración industrial supone del orden del 80 al 85 % del total elaborado, siendo probablemente este, el destino mayoritario de los tubérculos importados. Paralelamente se exporta chufa seca a Portugal, Reino Unido y Francia (CRDO, comunicación personal).

En los primeros años del siglo XXI se convirtió en uno de los cultivos rentables y más estables dentro de *L'Horta de València*. No obstante, la disminución del precio de los tubérculos percibido por los agricultores –consecuencia de varios factores, entre los que cabe citar las importaciones y la disminución del consumo (debido, probablemente, a la crisis económica)–, rompió la citada estabilidad y de nuevo se observó una cierta recesión en su cultivo. La reducción de la superficie observada a lo largo de los años se ha visto parcialmente compensada con el aumento del rendimiento, de modo que de un rendimiento medio de 10.000 kg/ha obtenido en 1981 se pasó a 13.800 kg/ha en 1992 y a 18.000-19.000 kg/ha en la actualidad (Magrama, 2014), consecuencia probablemente de un mejor manejo del cultivo. El

precio de los tubérculos recibido por los agricultores se ha estabilizado en los últimos años en 0,60 euros/kg.

El coste real del cultivo está en torno a 7.500 euros/ha (sin considerar la renta de la tierra ni el capital circulante), lo que supone un coste de producción de 0,41 euros/kg de chufa tierna; en cuanto a costes, los apartados más importantes son la recolección y la plantación, que suponen respectivamente el 29 y el 15 % del coste total. Si se consideran la renta de la tierra y el capital circulante el coste total está en torno a 11.400 euros/ha, equivalente a 0,62 euros/kg de chufa tierna.

Gráfico 2. Distribución del coste de producción. En porcentaje respecto del coste total



Fuente: Reig (2003). Elaboración propia.

Considerando un rendimiento medio de 18.500 kg/ha y un precio de 0,6 euros/kg (en ambos casos, de chufa tierna) los ingresos ascienden a 11.100 euros/ha, suponiendo, por tanto, un beneficio estimado de 3.600 euros/ha, respecto al coste real (es decir considerando que el agricultor es el propietario, y, por tanto, no arrienda la tierra, y dispone del capital circulante), pero supone una pérdida de 300 euros/ha si se considera el coste total (incluyendo la renta de la tierra y el capital circulante), puesto que el precio de venta del producto es inferior al coste total de producción, lo que por otra parte no es infrecuente en algunos productos agrícolas.

6. Retos y perspectivas

Dado que en la última campaña algunos agricultores obtuvieron algún céntimo de euro más por kg de chufa tierna, y que en el verano de 2015 se observó un incremento en el consumo de horchata, probablemente propiciado en parte por las elevadas temperaturas registradas; y considerando también las nuevas aplicaciones de la chufa y de la horchata en la cocina y en la gastronomía, se presenta una imagen optimista del sector, que debería garantizar la pervivencia del cultivo de la chufa a medio y largo plazo.

Referencias bibliográficas

- ABDEL-NABEY, A. A. (2001): «Chemical and technological studies on chufa (tiger nut) tubers (*Cyperus esculentus* L.)»; *Alexandria Journal of Agricultural Research* (46); pp. 71-80.
- ALEGRÍA, A. y FARRÉ, R. (2003): «Horchata y salud. Aspectos nutricionales y dietéticos»; en FUNDACIÓN VALENCIANA DE ESTUDIOS AVANZADOS, ed.: *Jornada Chufa y Horchata, tradición y salud*. Valencia, Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación; pp. 55-70.
- BIXQUERT, M. (2003): «Horchata y salud. Propiedades saludables y de prevención de enfermedades digestivas»; en FUNDACIÓN VALENCIANA DE ESTUDIOS AVANZADOS, ed.: *Jornada Chufa y Horchata, tradición y salud*. Valencia, Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación; pp. 71-85.
- CAPA (CONSELLERIA DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN) (2010C): «Orden 17/2010, de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se aprueba el texto del reglamento de la Denominación de Origen Protegida Chufa de Valencia y su consejo regulador»; *Diari Oficial de la Comunitat Valenciana* (6273/24.05.2010:21055-21069).
- CASTELL ZEISING, V. (1996): *Determinación y tipificación agronómica de clones de chufa (Cyperus esculentus L.) cultivados en l'Horta Nord de Valencia*. Tesis doctoral. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.
- CAVANILLES, A. J. (1795): *Historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del reyno de Valencia*. Madrid, Imprenta Real. (reedición de 1972, Valencia, Artes Gráficas Soler).

- COSKUNER, Y.; ERCAN, R.; KARABABA, E. y NAZLICAN, A. N. (2002): *Journal of the Science of Food and Agriculture* (82); pp. 625-631.
- CROUS, P. W. *et al.* (2014): «Fungal Planet description sheets»; *Persoonia* (32); pp. 184-306.
- DE VRIES, F. T. (1991): «Chufa (*Cyperus esculentus*, Cyperaceae): a weedy cultivar or a cultivated weed?»; *Economic Botany* (45); pp. 27-37.
- DEFELICE, M. S. (2002): «Yellow nutsedge *Cyperus esculentus* L.-Snack food of the gods»; *Weed Technology* (16); pp. 901-907.
- DJOMDI, EJOH, R. y NDJOUENKEU, R. (2007): «Soaking behaviour and milky extraction performance of tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) tubers»; *Journal of Food Engineering* (78); pp. 546-550.
- GARCÍA-JIMÉNEZ, J.; BUSTO, J.; ARMENGOL, J.; MARTÍNEZ-FERRER, G.; SALLES, R. y GARCÍA-MORATÓ, M. (1997): «La podredumbre negra o *alquitranat*; un grave problema de la chufa en Valencia»; *Agrícola Vergel* (183); pp. 144-148.
- HOLM, L. G.; PLUCKNETT, D. L.; PANCHO, J. V. y HERBERGER, J. P. (1977): *The world's worst weeds: distribution and biology*. Hawaii (EEUU), The University Press of Hawaii.
- HORAK, M. J. y HOLT, J. S. (1986): «Isozyme variability and breeding systems in populations of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*)»; *Weed Science* (34); pp. 538-543.
- KELLEY, J. R. (1990): «Biomass production of chufa (*Cyperus esculentus*) in a seasonally flooded wetland»; *Wetlands* (10); pp. 61-67.
- KILLINGER, G. B. y STOKES, W. E. (1951): «Chufas in Florida»; *Bulletin* (419). Florida (EEUU), University of Florida, Agriculture Experimental Station, Gainesville.
- LINSSEN, J. P. H.; COZIJNSEN, J. L. y PILNIK, W. (1989): «Chufa (*Cyperus esculentus*): a new source of dietary fibre»; *Journal of the Science of Food and Agriculture* (49); pp. 291-296.
- MAIRE, R. (1957): *Flore de l'Afrique du nord* (Vol IV). Monocotyledonae. Paul Lechevalier, Paris, France.
- MAGRAMA (MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE) (2012): «Orden AAA/1403/2012, de 18 de junio, por la que se dispone la concesión de títulos de obtención vegetal en el Registro de Variedades Protegidas»; *Boletín Oficial del Estado* (154/28.06.2012:46064-46065).

- MAGRAMA (MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE) (2014): *Anuario de estadística 2014*. Madrid. <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2014>.
- MAPA (MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN) (1996): *Anuario de Estadística Agraria 1994*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- MAROTO, J. V. (2003): «La chufa. Introducción histórica y su cultivo»; en FUNDACIÓN VALENCIANA DE ESTUDIOS AVANZADOS, ed.: *Jornada Chufa y Horchata, tradición y salud*. Valencia, Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación; pp. 19-28.
- MARTORELL, E. (1994): *Producción de inflorescencias, semillas y poder germinativo de las mismas en diversos clones de chufa (Cyperus esculentus L.)*. Trabajo Fin de Carrera. Valencia, EUITA, Universidad Politécnica de Valencia.
- MATOS, F. J. A.; CAVALCANTI, F. S. y PARENTE, J. P. (2008): «Estudio agronómico cualitativo e cuantitativo de *Cyperus esculentus* L. (junça)-Uma fonte inexplorada de alimento energético»; *Revista Ciência Agronômica: Fortaleza* (39); pp. 124-129.
- MONTAÑO, N. J. (2008): *Etiología, epidemiología y control de la necrosis foliar de la chufa (Cyperus esculentus L.)*. Tesis Doctoral. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.
- MOREIRAS, O.; CARBAJAL, A.; CABRERA, L. y CUADRADO, C. (2009): *Tablas de composición de alimentos*. Madrid, Pirámide. 13.^a edición.
- MORELL, J. y BARBER, S. (1983): *Chufa y horchata: características físicas, químicas y nutritivas*. Valencia, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC).
- MRCSEG (MINISTERIO DE RELACIONES CON LAS CORTES Y DE LA SECRETARÍA DEL GOBIERNO) (1988): Real Decreto 1338/1988, de 28 de octubre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración y Venta de Horchata de Chufa. Boletín Oficial del Estado núm. 270/10.11.1988: 32069- 32073. Texto consolidado 29/03/2013.
- MULLIGAN, G. A. y JUNKINS, B. E. (1976): «The biology of Canadian weeds»; 17 *Cyperus esculentus* L. *Canadian Journal of Plant Science* (56); pp. 339-350.

- PASCUAL, B. (1981): *Estudio para la mejora de las técnicas de fertilización y cultivo de la chufa (Cyperus esculentus L.) en la provincia de Valencia*. Tesis doctoral. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.
- PASCUAL, B. y MAROTO, J. V. (1982a): «Basic study of the hypothetical dormancy of tubers from the Spanish cultivated populations of chufa (*Cyperus esculentus* L.)»; *Abstracts* (vol. I). XXIst International Horticultural Congress; pp. 1519.
- PASCUAL, B. y MAROTO, J. V. (1982b): «The productive response of the chufa crop (*Cyperus esculentus* L.) to different mineral fertilizer combination and determination of fertilizer extraction and its evolution over the chufa cycle»; *Abstracts* (vol. I). XXIst International Horticultural Congress; pp. 1607.
- PASCUAL, B. y MAROTO, J. V. (1984a): *Estudios agronómicos realizados en el cultivo de la chufa (Cyperus esculentus L.)*. Valencia, Diputación Provincial de Valencia.
- PASCUAL, B. y MAROTO, J. V. (1984b): «Ensayo en contenedores y en pleno campo sobre la influencia de la fecha de plantación del cultivo de la chufa (*Cyperus esculentus* L.)»; *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias* (25); pp. 79-86.
- PASCUAL, B.; MAROTO, J. V.; SAN BAUTISTA, A.; ALAGARDA, J. y LÓPEZ-GALARZA, S. (2003): «Morphological and productive characteristics of nine «chufa» (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.) clones»; *Acta Horticulturae* (614); pp. 85-88.
- PASCUAL-SEVA N. (2011): *Estudios agronómicos sobre el cultivo de la chufa (Cyperus esculentus L. var. sativus Boeck): estrategias de riego, tipos de plantación, absorción de nutrientes, y análisis fitoquímico*. Tesis doctoral. Valencia, Universitat Politècnica de València.
- PASCUAL-SEVA, N.; PASCUAL, B.; SAN BAUTISTA, A.; LÓPEZ-GALARZA, S. y MAROTO, J. V. (2009): «Growth and nutrient absorption in chufa (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.) in soilless culture»; *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* (84); pp. 393-398.
- PASCUAL-SEVA, N.; SAN BAUTISTA, A.; LÓPEZ-GALARZA, S.; MAROTO, J. V. y PASCUAL, B. (2012): «Yield and Water Use Efficiency under Ridge and Bed Cultivated Chufa (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.)»; *Acta Horticulturae* (936); pp. 125-131.

- PASCUAL-SEVA, N.; SAN BAUTISTA, A.; LÓPEZ-GALARZA, S.; PATIL, B.; MAROTO, J. V. y PASCUAL, B. (2013a): «Análisis fitoquímico de tubérculos de chufa»; *VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas: Innovar y Producir para el Futuro*. Madrid, ed. F. G. UPM; pp. 692-697.
- PASCUAL-SEVA, N.; SAN BAUTISTA, A.; LÓPEZ-GALARZA, S.; MAROTO, J. V. y PASCUAL, B. (2013b): «Furrow-irrigated chufa crops in Valencia (Spain). I: Productive response to two irrigation strategies»; *Spanish Journal of Agricultural Research* (11); pp. 258-267.
- PASCUAL-SEVA, N.; SAN BAUTISTA, A.; LÓPEZ-GALARZA, S.; MAROTO, J. V. y PASCUAL, B. (2013c): «Furrow-irrigated chufa crops in Valencia (Spain). II: Performance analysis and optimization»; *Spanish Journal of Agricultural Research* (11); pp. 268-278.
- PASCUAL-SEVA, N.; SAN BAUTISTA, A.; LÓPEZ-GALARZA, S.; MAROTO, J. V. y PASCUAL, B. (2014): «Saving water in chufa cultivation by using flat raised beds and drip irrigation»; *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. ASCE 140, 040130081-040130087.
- PASCUAL-SEVA, N.; SAN BAUTISTA, A.; LÓPEZ-GALARZA, S.; MAROTO, J. V. y PASCUAL, B. (2015): «Response of nutsedge (*Cyperus esculentus* L. var *sativus* Boeck.) tuber production to drip irrigation based on volumetric soil water content»; *Irrigation Science* (33); pp. 31-42.
- REIG, E. (2003): *Estudio sobre la dimensión económica y la evolución del sector amparado por la DO 'Chufa de Valencia'*. Valencia, Consejo Regulador de la Denominación de Origen Chufa de Valencia.
- SÁNCHEZ TAMÉS, R.; GESTO, M. D. V. y VIEITEZ, E. (1973): «Growth substances isolated from tubers of *Cyperus esculentus* var. *aureus*»; *Physiologia Plantarum* (28); pp. 195-200.
- SÁNCHEZ-ZAPATA, E.; MUÑOZ, C. M.; FUENTES, E.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SENDRA, E.; SAYAS, E.; NAVARRO, C. y PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. (2009): «Effect of tiger nut fibre on quality characteristics of pork burger»; *Meat Science* (85); pp. 70-76.
- SCHIPPERS, P.; TER BORG, S. J. y BOS, J. J. (1995): «A revision of the infraspécific taxonomy of *Cyperus esculentus* (yellow nutsedge) with an experimentally evaluated character set»; *Systematic Botany* (20); pp. 461-481.
- SERRALLACH, J. (1927): *Die wurzelkolle von Cyperus esculentus L.* Frankfurt am Main (Deutschland), Universität Frankfurt am Main.

- SOIL SURVEY STAFF (2010): *Keys to soil taxonomy, 11th edn.* Washington, USDA Natural Resources Conservation Service.
- STOLLER, E. W.; NEMA, D. P. y BHAN, V. M. (1972): «Yellow nutsedge tuber germination and seedling development»; *Weed Science* (20); pp. 93-97.
- WILLS, G. D. (1987): «Description of purple and yellow nutsedge (*Cyperus esculentus* and *C. rotundus*)»; *Weed Technology* (1); pp. 2-9.