

[MEJORA VEGETAL]

Cultivo del espárrago en la zona de Huétor Tájar (Granada)

Roberto Moreno Pinel

Josefa Rubio Moreno

Área de Mejora y Biotecnología,
IFAPA-CICE

José L. González

Juan A. Espejo Calvo

Consejo Regulador IGP del
Espárrago de Huétor Tájar

Juan Gil Ligeró

Departamento Genética, ETSIAM,
Universidad de Córdoba, Campus
de Rabanales

En este artículo se muestra la situación del cultivo del espárrago verde en la Vega de Granada, principal región productora en España, resaltando la importancia de la variedad local 'Morado de Huétor', conocida también como 'Verde Morado de Huétor Tajar', que se diferencia genética, morfológica y organolépticamente de las demás variedades comerciales de espárrago cultivado. Así mismo, se presenta la labor de mejora genética que se viene realizando desde finales del siglo pasado hasta nuestros días por un grupo de investigadores de organismos públicos empleando como material base la citada variedad local.

El espárrago cultivado (*Asparagus officinalis* L.) es una especie perenne y diploide ($2n=2x=20$), originaria del próximo oriente y desde hace al menos dos mil años cultivada como alimento y como planta medicinal. En la cuenca Mediterránea también se consumen otras especies silvestres ampliamente distribuidas del mismo género: *A. acutifolius* L., *A. aphyllus* L., *A. horridus* L. o *A. albus* L., que no se cultivan y que se conocen comúnmente como espárragos 'trigueros'. La producción mundial de espárragos es de 6.851.000 t. siendo China el mayor productor con un 45% de la producción total, en un segundo lugar estaría Perú ocupando España el sexto lugar (FAOSTAT 2007).

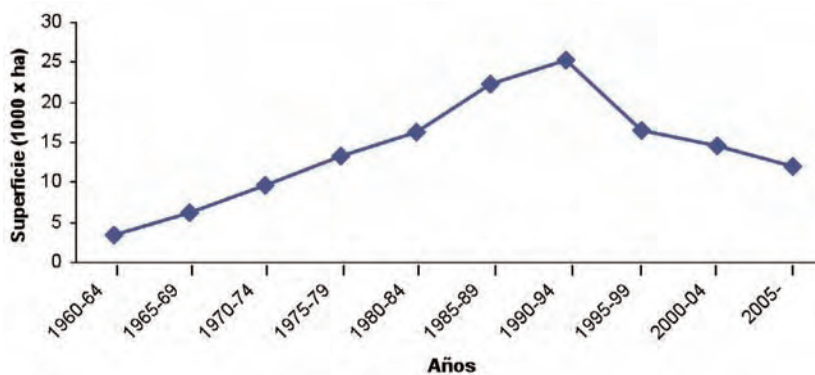
[Aquí en España...

Según el Anuario de Estadística Agroalimentaria y Pesquera del Ministerio de Agricultura (MAPA 2007), de la producción total española (47.900 t), se destinan a la exportación unas 17.500 t. Dentro de

España, Andalucía es la Comunidad Autónoma con la mayor producción de esta hortaliza, siendo la Vega de Granada la principal zona productora (26.900 t.) (MAPA 2007) representando aproximadamente un 50% de la producción nacional. En el conjunto de la Unión Europea la Vega de Granada está considerada como la principal región productora de espárrago verde. Históricamente la superficie nacional de este cultivo fue creciendo desde los años 60 hasta principios de la década de los 90, pero a partir de ahí su superficie cultivada ha ido disminuyendo (**Gráfico 1**) (MAPA 2007). Este descenso, puede ser debido al abandono del cultivo del espárrago blanco, el cual requiere un mayor coste, lo que ha hecho que algunos productores o empresarios agrícolas hayan promovido su cultivo en otros países donde la mano de obra es más barata y el coste de producción menor. En cuanto al espárrago, para su consumo en verde, la superficie cultivada ha ido aumentando significativamente desde finales de la década de los 70 hasta principios del S. XXI.



Foto 1. Colección de plantas seleccionadas en las parcelas de los agricultores

Gráfico 1:**Serie histórica de la superficie cultivada de espárrago en España**

Por ejemplo, a mediados de la década de los 90 la superficie cultivada en Granada era de 1.537 ha y actualmente es de 4.500 ha (MAPA 2007). En esta provincia aunque se tienen referencias de su cultivo hacia mediados del siglo XX, no es hasta los años 70' de ese mismo siglo cuando el cultivo adquiere importancia comercial con la constitución de dos cooperativas en el municipio de Huétor Tájar, cuyo objeto era comercializar espárragos verdes tanto en fresco como en conserva. En pocos años la superficie cultivada se incrementó y se extendió por la comarca debido principalmente a que este cultivo se adaptaba muy bien a la empresa agrícola familiar, predominante en esta comarca, puesto que alrededor

del 55 % de los costes de cultivo es mano de obra que se emplea en la recolección, y que suele ser efectuada por la propia familia.

[Variedades híbridas macho

Hoy día, la gran mayoría de variedades comerciales cultivadas de espárrago son 'híbridos clonales' cuyas semillas proceden del cruzamiento de dos plantas, una hembra y otra macho, que poseen una buena aptitud combinatoria. La planta del espárrago cultivado es dioica, o sea que las plantas presentan flores de un solo sexo. las plantas macho y las hembra son morfológicamente muy similares entre sí, pero son fácilmente

distinguibles después de la floración, puesto que en las plantas hembra se desarrollan los frutos que son unas bayas del tamaño de un guisante que cuando alcanzan la madurez son de color rojo intenso. El sexo en el espárrago está controlado por un solo gen (M/m) lo que hace que en las variedades comerciales la mitad de las plantas sean machos y la otra mitad hembras. A nivel agronómico, las plantas macho son más precoces, productivas y longevas que las plantas hembra (Ellison 1986) además, estas no generan semilla y esto supone otra ventaja en relación a las plantas hembra, puesto que las semillas producidas por estas actúan de mala hierba para el propio cultivo que el agricultor se ve obligado a eliminar. Todas estas particularidades de las plantas macho es lo que ha llevado a plantearse en los programas de mejora de esta especie el desarrollo de variedades donde todos los individuos sean macho, conocidas como 'variedades híbridas macho'.

España es el mayor productor de espárrago con 47.900 t. La Vega de Granada es la principal zona productora con 26.900 t.

[Mejora genética y selección de variedades

Actualmente se considera que existe una fuerte erosión genética (pérdida de variabilidad genética) en la especie debido a que casi todos los cultivares de espárrago utilizados hoy día proceden de una población holandesa del siglo XVIII, la población 'Violet Dutch'. Esta población se extendió por toda Europa debido a sus características y fue dando lugar a diferentes variedades poblacionales. Sobre ellas se ha llevado a cabo una larga labor de mejora desde principios del siglo pasado, que ha incrementado la homogeneidad de las variedades actuales. En los primeros pasos de su mejora se lograron notables incrementos de la producción, pues fueron eliminadas las plantas poco o nada productivas que representaban un alto porcentaje en la población de



Foto 2. Plantación de espárragos con la variedad local 'Morado de Huétor'

partida, dando lugar a las llamadas 'variedades población'. Entre las variedades población más conocidas podemos citar: 'Mary Washington' en EEUU, 'Darbonne n° 4', 'Lorilla' y 'Novelis' en Francia, 'Schewetzing Meisterschuss' y 'Huchel Leistungsauslese' en Alemania y 'Beeren' en Holanda (Bonnen 1988). Posteriormente se desarrollaron los llamados 'híbridos dobles' que procedían de cruzamientos entre dos descendencias híbridas y que permitían disponer de cantidad suficiente de semilla para su comercialización. Estos híbridos supusieron un notable incremento del rendimiento y de la precocidad (Corriols 1988). En un desarrollo posterior y con la puesta a punto en la década de 70' de la técnica de cultivo *in vitro* se obtuvieron los llamados 'híbridos clonales simples' o F1, procedentes del cruce entre dos plantas clonadas (multiplicadas vegetativamente) para producir suficiente semilla. Estos híbridos son más homogéneos que los híbridos dobles y posibilitaron, aun más, un mayor incremento del rendimiento y de la precocidad (Corriols 1988). Como ya se ha comentado anteriormente, debido a las ventajas productivas que proporcionan las plantas macho, la tendencia en el desarrollo de nuevas variedades va encaminada hacia la creación de 'hí-

bridos clonales macho', compuestos solo por plantas macho. Esto implica la obtención de plantas parentales llamadas 'Supermacho' (MM) que se pueden obtener, bien a través de la autofecundación de plantas macho andromonoicas, o bien del cultivo *in vitro* de anteras. En este momento las variedades híbridas macho representan aproximadamente un 50% del total de variedades presentes en la tercera red mundial de ensayos de espárrago. Este dato indica la importancia que este tipo de variedades está empezando a tener.

[Variedad 'Morado de Huétor'

Características morfológicas

Como hemos referido al principio, en los inicios de los años 70' es cuando el cultivo del espárrago empezó a adquirir importancia comercial en Huétor Tájar (Granada) donde todas las plantaciones se establecían con la variedad autóctona 'Mo-

rado de Huétor'. Esta es una variedad que se diferencia genética y morfológicamente de las demás variedades comerciales actuales, es tetraploide ($2n=4x=40$) y se caracteriza por dar lugar a espárragos con un calibre mediano-fino, color variable que va desde el verde claro hasta el color morado y por una textura y calidad diferente. Esta variedad local presenta una alta heterogeneidad, pudiéndose observar en el campo junto a una mayoría de plantas escasamente productivas otras muy productivas o con características interesantes desde el punto de vista agronómico: Precocidad, vigor, longevidad, tolerancia a estreses abióticos o enfermedades, etc. Desde el punto de vista organoléptico esta variedad tiene un sabor ligeramente amargo, parecido al del espárrago triguero pero más sabroso y con un aroma y una textura más consistentes que la que presentan las variedades híbridas, características muy apreciadas por un sector de consumidores.

Indicación Geográfica Protegida (I.G.P.)

Los espárragos producidos con esta variedad se comercializan tanto en fresco como en conserva con la marca 'LOS MONTEROS', inscrita en la Indicación Geográfica Protegida (I.G.P.) 'Espárrago de Huétor Tájar'.

Esta variedad local es la única autorizada por la I.G.P. 'Espárrago de Huétor Tájar' ratificada por el MAPA (B.O.E., 17 ABRIL DE 1997) y registrada con carácter definitivo en la Unión Europea (D.O.C.E., 15 de Marzo de 2000). A pesar de ello, la superficie de esta variedad ha ido disminuyendo con el paso de los años y está siendo desplazada por las variedades comerciales híbridas diploides, que son más homogéneas, productivas y con más calibre, que es lo que demanda el principal mercado centro europeo. Las variedades híbridas que se cultivan en la zona proceden principalmente de California ('Grande', 'Atlas') pero también se pueden encontrar otras variedades de origen europeo ('Jaleo', 'Placosp'). En 1987 la superficie cultivada de la variedad autóctona era un 70 % del total de la superficie cultivada. En el año 2004 su superficie repre-

La adaptación local es muy importante en los programas de mejora de cultivares de espárrago



Foto 3. Aspectos de los espárragos de un híbrido octoploide experimental

sentaba menos del 10 % del total de la superficie cultivada. En la actualidad la I.G.P. 'Espárrago de Huétor Tájar' presenta un déficit de producto para poder abastecer la demanda en los mercados actuales en los que se encuentra presente debido a que el agricultor prefiere el cultivo con variedades híbridas, a pesar de que recibe un precio más alto por el espárrago producido con la variedad autóctona.

La variedad local 'Morado de Huétor' puede ofrecer un elevado potencial de uso en la mejora genética del espárrago por su alta variabilidad genética y por su mayor adaptación al medio geográfico en el que se cultiva que las variedades comerciales foráneas. La adaptación local es muy importante en los programas de mejora de cultivares de espárrago, y tiene un gran efecto en la producción (Ellison 1986). Los híbridos producidos en los grandes centros de mejora, destinados a numerosas localidades, encuentran muchas veces problemas de adaptación al suelo, clima o patógenos en determinadas zonas. Esta mayor adaptación se concreta en primer lugar, en una mayor longevidad que podría estar asociada a su mayor nivel ploídico. La longevidad es uno de los objetivos actuales en los planes de mejora del espárrago, pues uno de los inconvenientes del cultivo es que una vez levantado, no puede volver al mismo terreno hasta que transcurran al menos ocho años. Aunque no se conoce totalmente, este hecho se atribuye a la toxicidad para las nuevas plantas de los exudados radiculares de la plantación anterior, o bien a patógenos del suelo.

Programas de mejora genética

La mejora de esta variedad se ha venido realizando por los propios agricultores mediante selección masal individual. Cuando un agricultor necesita semilla para establecer una nueva plantación suele recogerle las semillas a las mejores plantas hembra de su parcela, El hecho de no controlar qué plantas macho son las que se están cruzando con la plantas hembras seleccionadas, ha provocado que el avance en su mejora haya sido lento hasta ahora. En este contexto, el Consejo Regulador, entre sus actuaciones, consideró como

prioritario poder ofrecer al agricultor una variedad mejorada de 'Morado de Huétor' y por eso promovió un programa de mejora genética a finales de la década de los 90' del siglo pasado. Este programa se inició en el marco de un proyecto nacional que comenzó en 1999 y en el que participaron el Grupo de Mejora Genética Vegetal del PAI (Plan Andaluz de Investigación) formado por miembros de la Universidad de Córdoba y del

espárrago. Ejemplos de variedades triploides se pueden encontrar en otras especies cultivadas como sandía, uva, mandarina, remolacha, plátano, etc. que se caracterizan por ser estériles y no producir semillas. Esta línea de trabajo surge a raíz de la observación al comienzo de nuestro programa, en parcelas cultivadas con la variedad local, de hembras prácticamente estériles y con ciertas características como tallos de mayor cali-



Foto 4. Aspectos de los espárragos de un híbrido triploide experimental

IFAPA 'Alameda del Obispo' (Córdoba), el centro 'La Mayora' del CSIC y el centro del IFAPA 'Las Torres-Tomejil' (Sevilla). El objetivo general fue la obtención de una variedad más homogénea y productiva, pero que mantuviera sus características diferenciales por las cuales este espárrago es demandado y consumido. Para ello se partió de una colección de plantas seleccionadas por el Consejo Regulador y que por sus características podían ser potencialmente útiles para el programa de mejora, y que aun hoy día se sigue incrementando con nuevas plantas, y se inició un programa de cruzamientos entre ellas.

Ensayos en campo

En el programa de cruzamientos se contempló también la posibilidad de obtener 'híbridos triploides' (3x) en

bre y plantas más vigorosas. Esta observación nos hizo pensar que estas plantas podrían ser triploides y que podrían proceder del cruzamiento entre plantas de la variedad autóctona tetraploide y plantas de variedades comerciales diploides, puesto que en la zona se pueden encontrar parcelas cultivadas con la variedad local junto a parcelas cultivadas con variedades híbridas foráneas. Una vez confirmado en el laboratorio la condición triploide de estas plantas hembras infértiles, nos planteamos estudiar el potencial que podría tener un híbrido triploide procedente de cruzar plantas de la variedad local de Morado de Huétor con otras de híbridos comerciales. El interés de esta línea de trabajo se basaba en la idea de que un híbrido triploide se puede llegar a comportar como un híbrido macho, puesto que un híbrido triploide aunque estaría compuesto

por una mezcla de plantas macho y plantas hembra estas últimas serían infértiles por su condición triploide. Los resultados de los primeros cruzamientos mostraron que el híbrido es posible y que se podría llegar a producir semilla en cantidad comercial. Por todo ello, en un ensayo de evaluación de híbridos experimentales se incluyeron siete híbridos triploides junto a los híbridos tetraploides que se habían obtenido de la variedad local. Este ensayo se plantó en el año 2004 en Huétor-Tájar dentro de un proyecto nacional dirigido por el grupo de Mejora Genética de Córdoba y cuyos primeros resultados se muestran en la **Tabla 1**. En este ensayo se incluyó además un híbrido octoploide ($2n=8x=80$) procedente del cruzamiento de dos plantas octoploides que habían surgido espontáneamente dentro de la variedad local y que fueron seleccionadas en campos de cultivo de más de 15 años, estas plantas mostraban un vigor y precocidad superior a la que presentaban los híbridos comerciales.

Resultados obtenidos

Nuestros resultados mostraron que todos los híbridos obtenidos, triploides, tetraploides y el octoploide, han sido más productivos que la variedad autóctona. En general, los híbridos triploides fueron más productivos

que los híbridos tetraploides, y del mismo orden que el testigo comercial más productivo ('Grande') incluido en el ensayo. En relación al calibre, se observa una mayor variabilidad en los híbridos triploides, aunque la mayoría de ellos muestran más calibre que los tetraploides. Teniendo en cuenta estos resultados y considerando todas las características en conjunto (producción, calibre, precocidad, color, homogeneidad etc.), el Consejo Regulador ha seleccionado 4 híbridos de este ensayo (2 triploides, 1 tetraploide y el octoploide) para ser plantados en la zona en parcelas de demostración. El octoploide se encuentra actualmente en fase de registro tanto en el Registro de Variedades Protegidas como en el de Variedades Comerciales. Este híbrido octoploide muestra un vigor y una precocidad algo superior a la de los híbridos comerciales presentando además mayor resistencia a la roya y unos espárragos de calibre mediano con un sabor más parecido al que presentan los espárragos trigueros.

A nivel agronómico las plantas macho son más precoces, productivas y longevas que las plantas hembra.

[Nuevos frentes de estudio

El potencial que parecen mostrar los híbridos triploides, ha despertado el interés por parte del sector productor de Huétor Tájar, que se ha traducido en la firma un convenio de colaboración I+D+I entre una de las cooperativas de la zona, Centro Sur S.C.A., y el grupo PAI de Mejora Genética de Córdoba (Universidad de Córdoba/ I.F.A.P.A - 'Alameda del Obispo' de Córdoba). El objetivo de este convenio es desarrollar nuevos triploides que pudieran ser interesantes al sector productor. De momento se ha establecido un tercer ensayo de evaluación de descendencias híbridas pero en este caso compuesto principalmente por híbridos triploides y no será hasta principios del año 2010 cuando se tomen los primeros datos de producción.

Dadas las características peculiares de la variedad local y paralelamente al trabajo de campo, se inició una serie de estudios moleculares con el ADN que han demostrado que 'Morado de Huétor' es una variedad población que proviene de cruzamientos espontáneos entre la especie cultivada (*A. officinalis* L.) y una especie silvestre (*A. maritimus* Mill.), y que este cruzamiento pudo haber tenido lugar en la zona del Mar Adriático (Moreno et al, 2008a). Estos resultados convierten a esta variedad autóctona de Huétor Tájar en un valioso recurso genético para ser empleado en la mejora genética del espárrago. Este estudio se llevó a cabo dentro de un tercer proyecto nacional, que finalizó en el año 2007 y en el que además se han generado nuevos materiales que pueden ser útiles en la mejora del espárrago cultivado tanto de los híbridos comerciales como de la variedad local.

[Conservación de la variedad autóctona

Como ya se ha comentado, la superficie de 'Morado de Huétor' se ha ido reduciendo en la zona de cultivo desplazada por las variedades híbridas diploides. Por lo tanto, la situación de esta variedad autóctona comienza a ser preocupante, ya que podría de-

Tabla 1: Datos sobre producción (k/ha) y calibre (mm) de las nueve descendencias híbridas experimentales más productivas incluidas en un ensayo de espárrago junto con sus respectivos testigos ('Grande', 'UC157-F2' y 'Morado de Huétor') durante los años 2007 y 2008 en la localidad de Huétor Tájar (Granada).

Año 2007			Año 2008		
Descendencias Híbridas ^a	Producción (k·h ⁻²)	Calibre (mm)	Descendencias Híbridas ^a	Producción (k·h ⁻²)	Calibre (mm)
411 (3x)	6.225	8,0	417 (3x)	9.030	8,2
409 (3x)	5.730	7,5	411 (3x)	7.695	8,9
'Grande'	5.265	10,7	227 (8x)	7.635	8,3
417 (3x)	4.545	7,5	410 (3x)	7.560	9,0
415 (3x)	4.155	7,9	'Grande'	7.455	11,3
410 (3x)	3.825	8,1	409 (3x)	7.395	7,4
463 (3x)	3.525	6,6	415 (3x)	6.735	8,8
227 (8x)	3.450	7,7	320 (4x)	6.300	7,6
278 (4x)	3.360	6,1	463 (3x)	6.210	7,3
320 (4x)	3.330	7,7	278 (4x)	5.640	6,6
'UC157-F2'	2.655	8,4	'UC157-F2'	4.140	8,2
'Morado de Huetor'	1.905	7,0	'Morado de Huetor'	3.7950	7,7

^a En negrita híbridos triploides (3x)



Foto 5. Ensayo experimental de descendencias híbridas en Huétor-Tájar (Granada)

saparecer y con ella se perdería un valioso recurso genético. Debido a ello Grupo PAI de Mejora Genética Vegetal de Córdoba llevó a cabo en el Otoño de 2005 diferentes expediciones para recoger semillas de parcelas plantadas con 'Morado de Huétor' y ha establecido dos parcelas experimentales para su conservación ex situ, una en la finca de 'Rabanales' de la Universidad de Córdoba y la otra en la finca 'Alameda del Obispo' del IFAPA en Córdoba.

Los híbridos triploides muestran un elevado potencial, ya que prácticamente todos ellos fueron más productivos que los híbridos tetraploides

En paralelo a la labor de mejora que se ha descrito, en la Estación Experimental 'La Mayora' del CSIC en Málaga se han desarrollado técnicas de cultivo in vitro para la propagación y conservación de aquellas plantas de 'Morado de Huétor' interesantes por sus características agronómicas, algunas de las cuales se están empleando en el desarrollo de nuevos híbridos. Más recientemente el Consejo Regulador ha buscado la colaboración de un

grupo de investigadores del Instituto de la Grasa del CSIC en Sevilla, que han comenzado a caracterizar en la variedad local compuestos químicos con actividad biofuncional (flavonoides, saponinas y fibra), obteniendo resultados muy interesantes que diferencian a los espárragos de 'Morado de Huétor' de las demás variedades comerciales.

Conclusiones

En resumen, la variedad local 'Morado de Huétor' constituye un valioso recurso genético para ser empleada en la mejora del cultivo. La superficie de cultivo de espárrago con la variedad local está en franco retroceso, por lo que la recolección y conservación llevada a cabo seguirá permitiendo su uso en la mejora del espárrago en el supuesto de que desaparezca de su área cultivada. En base a los resultados obtenidos hasta ahora, parece posible obtener en un futuro cercano una variedad triploide. Estos híbridos podrían contribuir también a incrementar la diversidad del espárrago cultivado en el mercado. Los diferentes materiales desarrollados o encontrados en la población pueden contribuir a la mejora del espárrago incorporando nuevas características en esta especie cultivada. Recientemente se ha concedido un proyecto a nivel nacional titulado 'Uso de la hibridación interespecífica en la mejora del espárrago en el que se pretende

generar nuevos materiales que lleven germoplasma de especies silvestres y que puedan ser empleados en mejora.

Bibliografía

Boonen P., (1988). Espárrago: variedades, investigación científica y producción comercial de la semilla en los Países Bajos. En II Jornadas técnicas del espárrago. pp 267-275. Pamplona

Corriols L., (1988). Selección y mejora del espárrago. En II Jornadas técnicas del espárrago. pp 27-37. Pamplona.

Ellison J.H., (1986). Asparagus breeding. In: Breeding Vegetable Crops. AVI Publishing Co. pp. 521-569.

FAOSTAT-Agriculture 2007 Database. <http://www.fao.org>

MAPA (2007). Anuario de estadística agroalimentaria y pesquera. <http://www.mapa.es/es/estadistica/infoestad.html>

Moreno R., Espejo J.A., Cabrera A., Gil J. (2008a). Origin of tetraploid cultivated asparagus landraces inferred from nrDNA ITS polymorphisms. *Ann Appl Biol* 153: 233-241

Moreno R., Espejo J.A., Moreno M.T., and Gil J. (2008b) Collection and conservation of 'Morado de Huétor' Spanish tetraploid asparagus landrace. *Genet Resour Crop Evl* 55: 773-777 •